



Undervisning og læring i STEM

Nielsen, Jan Alexis; Waaddegaard, Nina Holst; Dolin, Jens; Bruun, Jesper

Published in:

Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi

Publication date:

2017

Document version

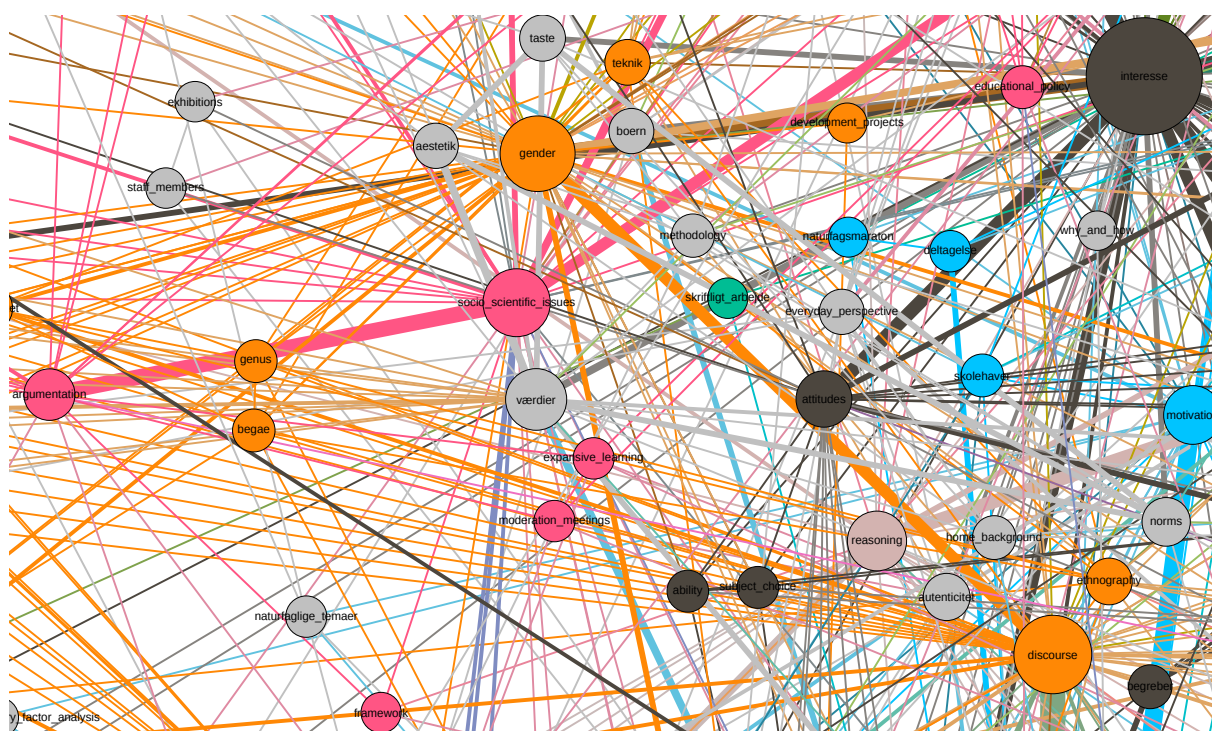
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):

Nielsen, J. A., Waaddegaard, N. H., Dolin, J., & Bruun, J. (2017). Undervisning og læring i STEM. I J. A. Nielsen (red.), *Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi* (s. 19-49). Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet.



Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi



Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet

Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi

2017, Institut for Naturfagenes
Didaktik, Københavns Universitet

Redigeret af Jan Alexis Nielsen

Citat med kildeangivelse er tilladt. Citeres som Nielsen, J.A. (Red.) (2017).

Litteraturstudium til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi. København: Institut for Naturfagenes Didaktik.

Forsideillustration: Udsnit af visualisering fra netværksanalyse

Indholdsfortegnelse

RESUME	3
---------------------	----------

INDLEDNING	12
-------------------------	-----------

Opgavebeskrivelse og afgrænsning	12
Reviewspørgsmål.....	13
Begrebsafklaring	15
Tilgang og metode	15
Læsevejledning	18

1. UNDERVISNING OG LÆRING I STEM	19
---	-----------

Jan Alexis Nielsen, Nina Waadegaard, Jens Dolin & Jesper Bruun

1.1. Resume af litteraturstudiets genstandsfelt 1	19
1.2. Viden om elevers læring inden for de naturfaglige/-videnskabelige områder.....	21
1.2.1. Relevans og anvendelsesorientering som drivkraft for læring	23
1.2.2. Læring om naturforhold på dagtilbudsområdet	25
1.2.3. Læring i naturfag på erhvervsuddannelsesområdet	26
1.3. Viden om kvalitet i undervisning og om forskellige undervisningsformer	27
1.3.1. Generel viden om kvalitet i og omkring undervisning	27
1.3.2. Undersøgelsesbaseret undervisning (UBNU).....	28
1.3.3. Praktisk arbejde: eksperimentelt arbejde og laboratorieøvelser	29
1.3.4. Tværfaglighed.....	31
1.3.5. Læring i uformelle miljøer.....	33
1.4. Viden om undervisning mod specifikke mål/kompetencer.....	34
1.4.1. Baggrund: kompetenceorientering.....	34
1.4.2. <i>Scientific Literacy</i> og naturfaglig dannelse.....	35
1.4.3. Sociovidenskabelige problemstillinger.....	38
1.4.4. Teknologi-, <i>engineering</i> - og designundervisning (TED)	39
1.4.5. Innovationskompetence	43
1.5. Viden om evaluering af og for læring	45
1.5.1. Viden om evalueringspraksis.....	46
1.5.2. Internationale storskalaevalueringer (PISA og TIMMS)	48

2. KOMPETENCEUDVIKLING FOR UNDERVISERE/PÆDAGOGISK PERSONALE ..	50
---	-----------

Birgitte Lund Nielsen & Keld Nielsen

2.1. Resume af litteraturstudiets genstandsfelt 2	50
2.2. Viden om STEM-læreres PCK og pædagogiske/fagdidaktiske kompetencer	52
2.2.1. PCK som område- eller emnespecifik?	53
2.2.2. Hvordan udvikles læreres PCK?	53
2.2.3. Fremadrettet: forskning i læreres udvikling af PCK og forandringer i praksis	54
2.3. Viden om design af læringsaktiviteter for STEM-lærere	55
2.3.1. Indhold i læreruddannelse.....	56
2.3.2. Komparative undersøgelser af læreruddannelse	56
2.3.3. Transition og induktion: de første år som STEM-lærer.....	57
2.3.4. Fremadrettet: forskningsbaseret læreruddannelse	58
2.4. Viden om efter- og videreuddannelse ifht. design af læringsaktiviteter.....	58
2.4.1. Eksempler på design af CPD fra de nordiske lande	59

2.4.2.	Udfordringer i forbindelse med CPD	60
2.4.3.	Fremadrettet	60
2.5.	Viden om fagligt og fagdidaktisk indhold i læringsaktiviteter for lærere	61
2.5.1.	Særligt for naturfagslærere	61
2.5.2.	Særligt for matematiklærere	63
2.5.3.	STEM-indhold og faglig integrering – med fokus på teknologi og <i>engineering</i>	64
2.5.4.	Computing og informatik	65
2.5.5.	IKT som hjælpemiddel og som genstand for professionelle udviklingsaktiviteter	67
2.6.	Viden om lærersamarbejde og læringsfællesskaber	68
2.6.1.	Anden dokumentation af effekt af læreres kollektivitet	68
2.6.2.	Nogle udfordringer og muligheder	69
2.7.	Viden om betydningen af STEM-læreres grundlæggende overbevisninger	70
2.7.1.	Sammenhæng mellem beliefs og praksis	71
2.7.2.	Læreres fagligt orienterede identitet	72
2.7.3.	Fremadrettet – sammenhæng mellem overbevisninger og praksis	72

3. ELEVERS MOTIVATION OG INTERESSE FOR STEM 73

Morten Rask Petersen

3.1.	Resume af litteraturstudiets genstandsfelt 3	73
3.2.	Indledning	74
3.3.	Viden om motivation og interesse: et overblik over genstandsfeltet	74
3.4.	Viden om motivation og interesse for naturfag/-videnskab	77
3.4.1.	Viden om motivation og interesse for naturforhold i dagtilbud	77
3.4.2.	Viden om motivation og interesse for naturfag i grundskolen	78
3.4.3.	Viden om motivation og interesse for naturvidenskab på ungdomsuddannelsesniveau	80
3.5.	Viden om motivation og interesse i matematik.....	81

4. PERSONALISERING I STEM 83

Helle Mathiasen

4.1.	Resume af litteraturstudiets genstandsfelt 4.....	83
4.2.	Indledning	84
4.3.	Viden om personalisering: en begrebslig oversigt.....	85
4.4.	Viden om it, STEM og personalisering.....	87
4.4.1.	Viden om it, STEM og personalisering i dagtilbud.....	87
4.4.2.	Viden om it, STEM og personalisering i grundskolen	88
4.4.3.	Viden om it, STEM og personalisering på de gymnasiale uddannelser	89
4.4.4.	Viden om it, STEM og personalisering på erhvervsuddannelserne	90
4.5.	Viden om køn, kultur, interesse og personalisering	90
4.5.1.	Viden om identitet	92
4.5.2.	Viden om interesse i forhold til køn og kultur.....	93
4.5.3.	Viden om undervisningsorganisering/-former og personalisering	95
4.5.4.	Viden om kultur	96
4.5.5.	Viden om talent.....	97

REFERENCER..... 99

Resume

Formålet med dette litteraturstudium er at bidrage til et vidensgrundlag for arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi. Litteraturstudiet dækker pædagogisk/didaktisk forskning inden for STEM-området (Science, Technology, Engineering, Mathematics) med fokus på de naturfaglige/-videnskabelige fagområder i dagtilbud og uddannelsessystemet.

I litteraturstudiet samles, analyseres og syntetiseres erfaringer om indsatser, metoder og strategier, der ...

1. ... styrker STEM-undervisningen med henblik på elevers læring
2. ... udvikler pædagogiske/didaktiske kompetencer hos STEM-undervisere og pædagoger
3. ... udvikler elevers motivation og interesse for STEM
4. ... styrker personalisering i undervisning – ved at understøtte forskellige børne- og elevgrupper.

Datagrundlaget for litteraturstudiet er primært enkeltstående nordiske forskningsbidrag (med fokus på empirisk forskning) og engelsksprogede meta-reviews, forskningssynteser og forskningskortlægninger.

I det nedenstående præsenteres en syntese af den forskningsbaserede viden inden for de fire ovenstående genstandsfelter. I syntesen fremsættes løbende anbefalinger til målsætninger på området, og der udpeges potentielle strategier til at opnå disse målsætninger, såfremt der er forskningsmæssigt belæg for disse strategier. I slutningen af resumeet angives det, hvilke områder der endnu ikke er dækket godt nok af den eksisterende forskning.

Syntese af forskningen

Elevers læring i STEM: deltagelse i praksisser om meningsfulde problemstillinger

I STEM-fagene foregår læringen for de fleste elever optimalt ved at deltage i praksisser, der involverer anvendelse af fagligheden, hvilket ofte vil indebære, at eleverne bør indgå i autentiske aktiviteter. Elevernes engagement fordrer arbejde med meningsfulde problemstillinger, forstået som personligt og samfundsmæssigt vedkommende. Relevans og anvendelsesorientering er stærke drivkræfter for læring i STEM-fagene. Sprogets betydning er central som vej til forståelse, og argumentation med brug af faglige begreber og viden er en vigtig del af tilegnelsen af STEM-relaterede kompetencer, naturvidenskabelig almendannelse/*scientific literacy*.

Det er derfor helt centralt, at uddannelsen af STEM-lærere og deres fortsatte professionelle udvikling har fokus på at udvikle deres refleksive arbejde med fx undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning og understøttelsen af kommunikation og dialog i klasserummet.

Kompetenceorientering: en meningsfuld rammesætning med udfordringer

Kompetenceorienteret STEM-undervisning samt undervisning, der fremmer *scientific literacy* og naturvidenskabelig almindelse, har en stor styrke ved at fokusere på anvendeligheden af det lærte i forskellige situationer, men det er vanskeligt at operationalisere i den daglige undervisning, der ofte er delt op i mindre enheder, og hvor situationen for det meste er klasserummet. Det kræver derfor et stort arbejde for lærerne at lære at arbejde med det, og det kræver også ændrede rammer og evalueringsformer for at forløse begrebets potentiale. Her kan samarbejde med uformelle miljøer og det omgivende samfund og evalueringsformer, der gør det muligt at inddrage erfaringer herfra, være nyttige veje fremad.

Det faglige indhold er vigtigt på STEM-området. Der kan med fordel arbejdes på at udvikle materialer og metoder til STEM-undervisning, der tager afsæt i centrale, aktuelle problemer såsom bæredygtighed. Det er derfor generelt nødvendigt indholdsmæssigt at lægge mere vægt på dybde på bekostning af bredde. Wagenscheins eksemplariske princip¹ kan være en inspiration ligesom det amerikanske Project 2061 med mottoet 'Less is more'² og det internationale projekt 'Big Ideas of Science Education'³.

Evaluering af og for læring: en mulig løftestang for ændring

Evaluering spiller en særlig og helt afgørende rolle for elevers læringsudbytte – frem for alt er det en bærende drivkraft for læring, at eleven løbende får formativ feedback med høj kvalitet. Med den nøglerolle, som evaluering spiller i et uddannelsessystem, er det oplagt, at ændringer og indsatser bedst understøttes og primært tilvejebringes igennem ændringer i evalueringspraksis.

Der er en række udfordringer forbundet med den eksisterende evalueringspraksis i STEM-fagene – nationalt som i mange andre lande – herunder at den samfundsmæssige og især politiske værdisætning af summative evalueringsdata om elevpræstationer sjældent stemmer overens med gyldigheden af disse data. Det er med andre ord veldokumenteret, at det, der måles til eksaminer i STEM-fagene, ikke korresponderer med de opsatte læringsmål. Der skal helt generelt etableres en klarere sammenhæng mellem læringsmål og evalueringsformer, således at evalueringerne er valide udtryk for elevernes beherskelse af læringsmålene. Overordnet set bør der arbejdes på to områder: Der skal være mere vægt på formativ brug af evaluering og på brugen af forskellige feedbackformer

¹ Wagenschein, M. (2012). Om begrebet eksemplarisk undervisning. *MONA*, 2012(4), 42-66.

² AAAS (1990). *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press.

³ Harlen, W. (Red.) (2010). *Principles and big ideas of science education*. Hatfield, UK: Association for Science Education.

for at øge læringsudbyttet af undervisningen. Dette forudsætter, at lærere uddannes til at arbejde med læringsprogression og feedbackformer. Den summative brug af evaluering skal udvikles, så evalueringsformerne i højere grad er i stand til at indfange såvel faglige som generiske kompetencer. Desuden skal der mere fokus på, hvorledes man kan mindske de u hensigtsmæssige effekter af den øgede vægt på karakterer.

Internationale storskalatests som PISA og TIMMS giver en række nyttige oplysninger på et meget generelt niveau, men på grund af deres generalitet er de vanskelige at bruge som rettesnor for ændringer i den undervisningsmæssige praksis. Forskning viser desuden, at de kun evaluerer en del af de danske læringsmål i STEM. Derfor kan resultater fra disse tests ikke stå alene som baggrund for uddannelsesmæssige beslutninger.

Dygtige undervisere gør forskellen

Veluddannede lærere er den afgørende faktor for udvikling og nytænkning af undervisning. Fremtidige læreres kompetenceudvikling under uddannelsen bør støttes, ved at de lærerstuderende deltager i aktiviteter koblet til undervisningspraksis. Men der er tydelige indikationer på, at det er vigtigt, at der i læreruddannelsen arbejdes systematisk med undersøgelse af professionens praksis. I forhold til uddannelse af STEM-lærere viser nordisk forskning, at uddannelsen især bør inkludere praksiserfaring og refleksion over denne – med fokus på elevers forståelse af de faglige begreber.

Det er derfor helt afgørende, at lærere og lærerstuderende løbende arbejder systematisk med at udvikle deres pædagogiske/didaktiske viden og kompetencer. Det er veldokumenteret, at læreres fortsatte professionelle udvikling kan føre til ændret undervisningspraksis, givet at udviklingsarbejdet bl.a. har fokus på det konkrete faglige indhold og fagdidaktik relevant for dette, lærernes samarbejde i kooperative læreprocesser, deltagelse af flere kolleger fra samme skole, længerevarende forløb med tid til iværksættelse af nye tiltag lokalt og til refleksion og sammenhæng mellem det, der arbejdes med på kursus, og det, der afprøves lokalt.

Da det er afgørende at undervisere løbende udvikler deres pædagogisk/didaktiske kompetencer, er det et væsentligt problem, at Danmark ligger betragteligt under OECD's gennemsnit med hensyn til lærertid brugt på (og udbredelsen af) læreres fortsatte professionelle udvikling. Læreres fortsatte professionelle udvikling er udfordret af, at der ofte er manglende institutionel støtte og forankring, samt at lærere mangler tid og ressourcer til at udføre opgaver i forbindelse med programsat CPD. Det er et væsentligt problem, at danske udviklingsprojekter meget sjældent sigter på varige effekter, går i stå undervejs og/eller ofte løber ud i sandet, og at de ikke evalueres i passende grad. Styrkelse af STEM-læreres løbende kompetenceudvikling og deres fortsatte professionelle udvikling bør være et nøgleindsatsområde.

En farbar vej til at styrke dette område er ved at understøtte udviklingen af professionelle læringsfællesskaber. Disse har kapacitet til at fremme og understøtte læring hos alle professionelle på institutionen med det formål at fremme børnenes/elevernes læring. Udvikling af professionelle

læringsfællesskaber understøttes bedst gennem en overordnet organisatorisk og politisk forankring og koordinering (fx i kommunalt regi).

Relevans og anvendelsesorientering af STEM: flere veje, samme mål

STEM-undervisningens kvalitet bør måles på dens evne til at gøre eleverne i stand til at generere og anvende STEM-faglig viden og deltage i STEM-praksisser og diskussioner. Der er en række indirekte mål på undervisning, der fremmer dette, men direkte mål kræver udvikling af valide evalueringsformer både tilknyttet undervisningen og efterfølgende studie- eller erhvervspraksis.

STEM-undervisningen kan med fordel fokusere på relevans og anvendelse på en række forskellige måder:

- *Undersøgelserbaseret undervisning*, hvor eleverne undersøger og kritisk forholder sig til fagligt relevante forhold, kan virke motiverende for elever og kan udvikle en række centrale kompetencer, såsom innovationskompetence og kreativitet, uden at det sker på bekostning af deres begrebsmæssige faglige forståelse. Danske elever oplever forholdsvist ofte undersøgelsesbaseret undervisning, og danske lærere er generelt positive over for undersøgelsesbaseret undervisning. Der bør dog fortsat arbejdes på at implementere undersøgende elementer i STEM-undervisningen. Det er en udfordring, at undersøgende elementer ofte har en kunstig kobling til resten af den faglige undervisning, og det kan være tidskrævende at indføre en undervisningspraksis med undersøgelsesbaseret undervisning. Det er et markant problem, at de kompetencer, der aktiviseres i undersøgelsesbaseret undervisning, sjældent indgår i vurderingen i eksaminer.
- STEM-undervisning, der tager afsæt i *samfundsmæssige problemstillinger, der relaterer sig til STEM-området*, er en central måde at operationalisere *scientific literacy* og naturvidenskabelig almindannelse og bringe STEM-fagene i anvendelse. Men STEM-lærere skal støttes i at designe sådanne aktiviteter, så de kompetencemæssige potentialer udnyttes. Frem for alt er der et generelt behov for udvikling af STEM-læreres kompetencer til at stilladsere elevers diskussioner af samfundsmæssige problemstillinger i undervisningen. Derudover skal rammerne for undervisningen, herunder evalueringspraksis, tilpasses på en måde, der bedre understøtter, at elever i undervisningen bruger STEM-fag til at tematisere væsentlige samfundsforhold.
- *Praktisk arbejde og laboratorieøvelser* har potentiale til at aktivere elever til at anvende STEM-fag – fx er der et stort potentiale i at kombinere fysisk praktisk arbejde med virtuelle eksperimenter. Desværre er formålene med det praktiske arbejde ofte uklare. Der skal opstilles klare mål og udvikles evalueringsformer og tilsvarende evalueringskriterier, som sikrer det praktiske arbejde en plads i STEM-undervisningen.
- *Tværfaglig undervisning og fagintegration* ser ud til at have et potentiale både motivationsmæssigt, læringsmæssigt og dannelsesmæssigt. STEM-fagenes isolation bør

brydes ved at udvikle didaktikker, som forankrer fagene i tværfaglige sammenhænge. Det er en stor udfordring, at lærere mangler viden og kompetencer (PCK) i relation til fagintegration, og at lærerne mangler erfaringer på området, bl.a. fordi læreruddannelsen ikke ruste lærerne til denne form for undervisning. Det kan overvejes, om fagene på de lavere niveauer i uddannelsessystemet skal integreres til ét science-fag.

- Inddragelsen af *uformelle læringsmiljøer* kan virke motiverende og interesseskabende, men såvel det umiddelbare faglige udbytte som de læringsmæssige langtidseffekter er usikre og svært målbare.
- Inddragelsen af *teknologi, engineering og design* i den naturfaglige/-videnskabelige/matematiske undervisning har et interesse- og læringsskabende potentiale. Det samme gælder *innovationsfremmende undervisning*, hvor elever kan anvende STEM-faglighed på virkelighedsnære problemstillinger. Det er en udfordring, at teknologi, *engineering* og design stadig er relativt uklare områder, og at lærere derfor ofte relativt frit oversætter begreberne til eksisterende aspekter i deres praksis. Både i Danmark og internationalt er innovationskompetence som læringsmål stadig så nyt i forhold til STEM-fagene, at der er brug for mere forskning på området.

Elevers interesse for STEM: ikke kun et spørgsmål om undervisning

Små børns nysgerrighed over for naturen er overordentligt stor. Det kan dog være en udfordring på dagtilbudsområdet at omsætte nysgerrigheden til læring. Generelt kan bestemte undervisningsformer være med til at styrke interesse og motivation hos elever (se ovenfor); og der er et potentiale for at udvikle og formulere fagbekendtgørelser og læreplaner på en måde, der relaterer sig til værdier, som ligger i ungdomskulturen, for på den måde bedre at understøtte styrkelsen af børn og unges interesse.

Der har været et massivt politisk fokus på øget optag på videregående STEM-uddannelser; og dette har i noget omfang haft en effekt.⁴ Men de unges uddannelsesvej synes svær på virkelighed på ungdomsuddannelsesniveau. Det er ikke nødvendigvis konstruktivt alene at betragte valgmønstre som et '*leaking pipeline*'-problem – der er unge, der på et tidspunkt 'vender tilbage' til STEM-fagene, men der er ikke umiddelbart evidens for, at arbejdet på at øge interesse og motivation på ungdomsuddannelser kan lede til STEM-karrierevalg. Der er væsentlige relationer mellem interesse for STEM og aktiviteter uden for klasserummet – herunder i høj grad STEM-relaterede hobbyer osv. Der mangler dog mere specifik viden om de nærmere betingelser og årsagssammenhængen for disse relationer. På trods af et stort fokus på specielt overgangen mellem grundskole og ungdomsuddannelse samt overgangen fra ungdomsuddannelse til videregående uddannelse oplever

⁴ <http://ufm.dk/uddannelse-og-institutioner/statistik-og-analyser/sogning-og-optag-pa-videregaende-uddannelser/grundtal-om-sogning-og-optag/kot-hovedtal>

eleverne stadig, at der er et meget stort spring i disse overgange, både i forhold til fagligt niveau og undervisningskulturer.

På baggrund af litteraturstudiet anbefales det, at unges søgning til STEM-fag på videregående uddannelser skal tilgås fra et perspektiv, som lægger vægt på samspillet og afbalanceringen mellem forskellige forhold, og som betragter de unges interesser, motivation og valg som noget der udvikler sig over tid. Det gælder ikke mindst samspillet mellem dét, de unge møder i skole og uddannelse, den identitet og det perspektiv de unge har adgang til at se inden for STEM, og den baggrund, viden, forudsætninger og erfaringer med naturvidenskab, de unge har med sig hjemmefra og fra fritidslivet, herunder det, som i den engelske litteratur benævnes 'sciencekapital'.

Personalisering i STEM: brug af it som en drivkraft for personaliseret læring

Personalisering er en paraplybetegnelse for bl.a. undervisningsdifferentiering og de generelle præmisser for at kunne aktualisere personaliseret læring, der tager afsæt i den enkelte elevs forudsætninger og faglige, personlige og sociale udvikling. I litteraturen om STEM-læring knyttes personalisering ofte sammen med undervisning, der tilgodeser kønsforskelle og forskellige børne-/ungetyper interesse for STEM-fagene. Frem for alt har personaliseringsaspektet på STEM-området været præget af forskellige læringsredskabers potentiale.

Generelt inviterer brugen af it (fx i-bøger, adaptive træningsprogrammer og netbaserede kommunikationsfora) til en didaktisk tænkning, hvor personalisering er et udgangspunkt. Frem for alt kan it bruges som en læringsressource, der er målrettet den enkelte elev. Denne praksis kan få større udbredelse under de rette betingelser, som bl.a. inkluderer udvikling af lærernes didaktiske kompetence, nytænkning af tilstedeværelsestid og økonomi. Det gælder generelt, at it brugt som produktions-, kommunikations- og delingsværktøj har et læringspotentiale inden for STEM-fagene.

It bør være mere end et hjælpemiddel

Der er behov for didaktisk og indholdsmæssig nytænkning i forhold til det, der ofte refereres til som *computing skills* eller *computer science education*. Det er utilstrækkeligt, som hidtil, primært at satse på brug af computere som hjælpemiddel i undervisningen – det er heller ikke nok, at elever lærer at bruge computere. Det anbefales, at der er fokus på design af hardware og software, logik, algoritmeudvikling, programmering inkl. sprog og teori, sammenhæng mellem 'computing' og matematik, anvendelser og sociale dimensioner.

Køn og talent: to personaliseringsoptikker med begrænsninger

Kønsforskelle har især været et fokus i forskning omkring personalisering i STEM-undervisning. Litteraturstudiet viser, at kønsoptikken har sine begrænsninger, og at optikken kan skjule en række væsentlige underliggende dynamikker. Ofte er der tale om komplekse forhold, når det handler om elevers tilgang til STEM-fag, -undervisning og -uddannelser. Et relevant spørgsmål er derfor, hvorfor elever vælger, som de gør, set i et bredere perspektiv, hvor bl.a. kulturelle perspektiver, elevopfattelser, -erfaringer, -interesse, identitetsønsker og -idéer er i fokus.

Et andet fokus inden for personalisering i STEM-undervisning har været talentfulde elever. Talentoptikken har ligesom kønsoptikken en række begrænsninger. Betegnelsen 'talent' bruges flertydigt og ikke altid konstruktivt – men der er primært fokus på en intention om at tilgodese de fagligt stærke elever. Nyeste danske forskning fortæller om det problematiske i forskellige talentprogrammer i det danske uddannelsessystem, hvor de særligt talentfulde elever tages ud af den undervisningsmæssige kontekst, de har været en del af, og hvor de har vist deres særlige talent. Generelt er der ingen klare forskningsmæssige vidnesbyrd om, hvordan intentionen om at tilgodese talentfulde elever ved at tage dem ud af deres primære undervisningsmæssige rammer bedst kan operationaliseres.

Områder, der fortjener en større eller anden forskningsdækning

Litteraturstudiet viser, at en række områder fortjener at blive dækket mere indgående i den danske og internationale forskning. Der er på den ene side områder, hvor der stort set ikke er bedrevet forskning. På den anden side er der områder, hvor den eksisterende forskning enten har vist at den hidtidige tilgang har været for ensartet eller har været af en type eller haft et fokus, der ikke giver det fulde billede. De væsentligste af sådanne områder opstilles her:

- **STEM på erhvervsuddannelsesområdet generelt:** Der er et markant behov for mere viden om undervisning og læring inden for STEM på erhvervsuddannelsesområdet. De få eksisterende forskningsbidrag indikerer, at der er en tendens til, at undervisning i naturfagligt indhold får en underordnet og instrumentel rolle i forhold til relevante færdigheder for elevens fremtidige erhvervspraksis.
- **Evalueringspraksis og læring i STEM:** Der er behov for mere viden om, hvordan evalueringspraksis i Danmark kan balancere på en god måde mellem på den ene side systemets legitime krav på uddannelses- og elevpræstationsdata og på den anden side formativ evaluering, der understøtter elevers læring. Et væsentligt led i dette vil være at danne mere praksisnær viden om, hvordan STEM-relaterede kompetencer kan evalueres på en gyldig måde i både den daglige undervisning og i eksamenssituationer. Endvidere vides der for lidt om detaljer og dynamikker i undervisnings- og pædagogers daglige evalueringspraksis.

- **Forankring af udviklingsprojekter/-indsatser i og omkring STEM-undervisningen:** Det er kendetegnende for størstedelen af udviklingsprojekter/-indsatser, at de ikke rækker ud over deres egen levetid. Der mangler substantiel viden om, hvordan udviklingsprojekter kan sikres en varig effekt med henblik på en blivende og fortsat kapacitetsopbygning.
- **Uddannelse af STEM-lærere:** Der er behov for at udvide den eksisterende komparative forskning af læreruddannelsesprogrammer. Endvidere er der behov for forskning, der undersøger interaktionen mellem praktiksted og uddannelsessted og inddrager praktiklærere og praktikskolers betydning. I forlængelse heraf er der et stort behov for mere viden om, hvordan man eksplicit kan koble forskningsinformeret design af og indhold i læringsaktiviteter for lærere med henblik på bæredygtige forandringer i undervisningen i skolen.
- **STEM-læreres viden, kompetencer og overbevisninger:** Der er dog et stort behov for mere solid viden om, hvad der kan understøtte læreres løbende udvikling af pædagogisk/fagdidaktisk viden og kompetence (PCK), og om forholdet mellem læreres PCK og elevers læring. Der er endvidere behov for mere viden om sammenhængen mellem STEM-læreres overbevisninger (*beliefs*) om STEM-fag og -undervisning og deres praksis i klasserummet samt om, hvordan der under uddannelsen kan arbejdes med de lærerstuderendes overbevisninger.
- **Personalisering i STEM:** Forskningen inden for personalisering består primært af case-baserede studier. Der bør opfordres til mere forskning inden for dagtilbud og i uddannelsessystemet med fokus på personalisering og kontekster for personalisering, herunder nytænkning af læringsressourcer og indholdsmæssige tilgange til de enkelte STEM-fag.
- **Elevers interesse for og søgning til STEM-fag:** De seneste 10-15 års forskning inden for elevers interesse og valg af STEM-relaterede karrierebaner har bidraget til en bedre og mere nuanceret forståelse af området. Det er nu tydeligt, at børn og unges løbende identitetsskabelse i forhold til STEM-området er en kompleks proces, der langt fra kun har noget at gøre med hvad der sker i undervisningen. En central pointe er derfor at simple løsningsforslag har en stor risiko for ikke at virke. Der er brug for yderligere forskning, som undersøger samspillet mellem elevernes baggrund og erfaringer, deres sociale og kulturelle sammenhænge, undervisningens og uddannelsernes elevopfattelser og underviser- og læringskulturer, de identitets- og livsperspektiver som fremstår tilgængelige inden for STEM.
- **STEM-undervisningsformer:** For i fremtiden at kunne understøtte STEM-læreres implementering af *samfundsmæssige problemstillinger* i STEM-undervisningen er der behov for mere systematisk viden om, hvordan sådanne undervisningsforløb bedst kan rammesættes i en dansk kontekst. Der er generelt for lidt målrettet forskning omkring *tværfaglighed og faglig integration* på STEM-området. Den eksisterende viden bygger primært på isolerede vidnesbyrd. På trods af at der har været et vedvarende fokus på at inddrage *uformelle læringsmiljøer* i STEM-undervisningen, har forskningen primært været

fokuseret på elevernes kortsigtede udbytte og interesseskabelse. Der er et stort behov for forskning i, hvad elever reelt lærer fra et fagligt perspektiv i uformelle læringsmiljøer. Både i Danmark og internationalt er *innovationskompetence* som læringsmål stadig så nyt i forhold til de traditionelle fag, at der er brug for mere forskning omkring, hvordan der kan undervises innovationsfremmende i STEM-fagene.

Indledning

Opgavebeskrivelse og afgrænsning

Denne rapport blev til i perioden 1/11 til 31/12 2016 på anledning af Ministeriet for Børn, Undervisning og Ligestilling, der udstak rammen for opgaven 4/10 2016 (sagsnummer 16/11186). I oplægget var angivet, at opgaven skulle bidrage til udformningen af en national strategi for naturfag og naturvidenskab. Opgaven var mere specifikt at skabe et solidt vidensgrundlag for strategigruppens arbejde med at identificere udfordringer og pege på løsninger ved at fremstille et systematisk litteraturstudium⁵ byggende på en kortlægning af dansk, nordisk og international forskning om indsatser, metoder og strategier, der har:

- bidraget til at styrke undervisningen i og det pædagogiske arbejde med natur og naturfag, herunder tværfaglig naturfagsundervisning
- bidraget til udvikling af det pædagogiske arbejde med naturfag/naturvidenskabelige fag i dagtilbud og uddannelsessystemet samt interessen for naturvidenskab, teknologi og it
- en særlig positiv effekt og kan understøtte forskellige børne- og elevgrupper.

I forlængelse heraf blev dette litteraturstudium afgrænset til at dække erfaringer med indsatser, metoder og strategier inden for fire pædagogiske/didaktiske **genstandsfelter** i de naturfaglige/-videnskabelige fagområder i dagtilbud og uddannelsessystemet:

1. Styrkelse af undervisningen med henblik på elevers læring – i form af tilegnelse af viden, færdigheder, kompetencer og naturvidenskabelig almindelse – herunder underviseres brug af en anvendelsesorienteret og/eller undersøgende tilgang til naturvidenskabelig undervisning samt inddragelse af it og teknologi som fagområde i grundskole og ungdomsuddannelser.
2. Udvikling af pædagogiske/didaktiske kompetencer hos pædagogisk personale og undervisere, herunder især kompetencer til at gennemføre anvendelsesorienteret og/eller undersøgende naturvidenskabelig undervisning.
3. Udvikling af elevers motivation og interesse for naturvidenskab, teknologi og it.
4. Styrkelse af personalisering i undervisning – ved at understøtte forskellige børne- og elevgrupper.

I opgavebeskrivelsen blev det understreget, at litteraturstudiet skal være en kortlægning af dansk, nordisk og international forskning; at den danske og nordiske forskning skal inkludere både

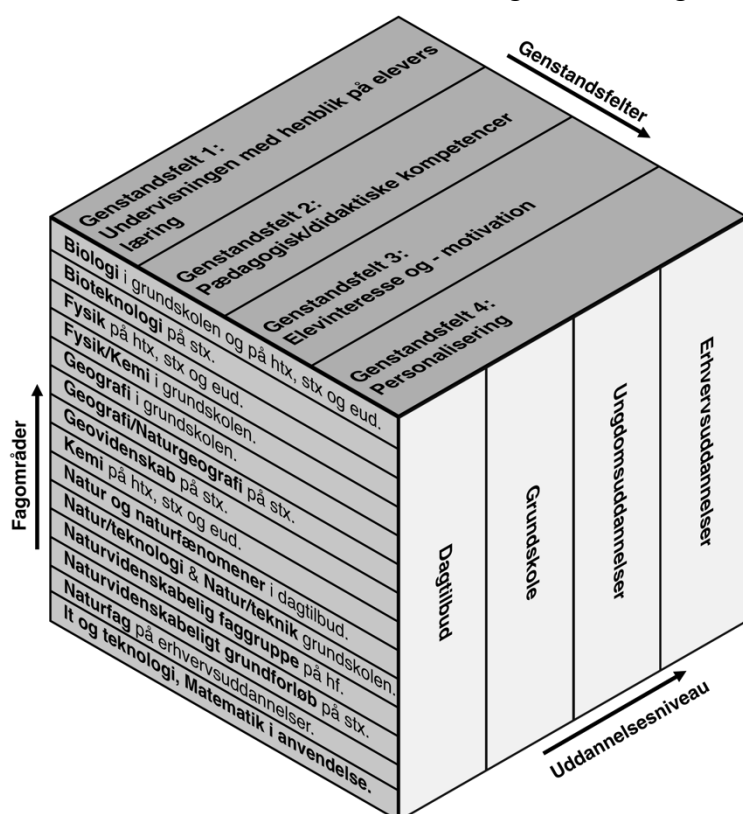
⁵ Parallelt med denne rapport er der udarbejdet en praksiskortlægning af indsatser og strategier: Sølberg, J. (Red). *Praksiskortlægning til arbejdet med en national naturvidenskabsstrategi*. København: Institut for Naturfagenes Didaktik.

kvalitative og kvantitative studier; samt at engelsksproget forskning kan afgrænses til metaanalyser, systematiske reviews og forskningskortlægninger.

Således blev litteraturstudiet afgrænset til at inddrage følgende litteratur som grundlag:

- Dansk forskningslitteratur i perioden 1996-2016 fra relevante fagfællebedømte tidsskrifter samt andre publikationskilder, der bruges i feltet.
- Svensk, norsk og finsk forskningslitteratur i perioden 1996-2016 fra relevante fagfællebedømte tidsskrifter suppleret med publikationer, som lokale informanter anser for relevante.
- Engelsksproget forskningslitteratur i perioden 1996-2016 i form af metaanalyser, systematiske reviews og forskningskortlægninger, herunder også ekspertudvalgte kilder, der har et mere alment pædagogisk/didaktisk fokus.

I opgaven blev det understreget, at litteraturstudiet skulle operere med de fagområder, som strategien i sidste ende skal omfatte, herunder matematik i anvendelse, it og teknologi, samt at litteraturstudiet skal dække bredt fra dagtilbud til ungdomsuddannelser.



Figur 1: En grafisk oversigt over de fire genstandsfelter, og hvordan disse rækker på tværs over henholdsvis uddannelsesniveauer og fagområder.

Reviewspørgsmål

I forlængelse af den ovenstående afgrænsning blev der arbejdet ud fra de følgende fire analysespørgsmål for litteraturstudiet:

- **Reviewspørgsmål 1:** Hvilke indsatser, metoder og strategier kan ifølge eksisterende forskning styrke *undervisningen med henblik på elevernes læring* – i form af tilegnelse af viden, færdigheder, kompetencer og naturvidenskabelig almindannelse – herunder underviseres brug af en anvendelsesorienteret og/eller undersøgende tilgang til naturvidenskabelig undervisning samt inddragelse af it og teknologi, i forhold til de naturfaglige/-videnskabelige fagområder i dagtilbud og uddannelsessystemet?
- **Reviewspørgsmål 2:** Hvilke indsatser, metoder og strategier kan ifølge eksisterende forskning udvikle de *pædagogiske/didaktiske kompetencer* hos pædagogisk personale og undervisere, herunder især kompetencer til at gennemføre anvendelsesorienteret og/eller undersøgende naturvidenskabelig undervisning, i forhold til de naturfaglige/-videnskabelige fagområder i dagtilbud og uddannelsessystemet?
- **Reviewspørgsmål 3:** Hvilke indsatser, metoder og strategier kan ifølge eksisterende forskning udvikle *elevernes motivation og interesse* for naturvidenskab, teknologi og it i dagtilbud og uddannelsessystemet?
- **Reviewspørgsmål 4:** Hvilke indsatser, metoder og strategier kan ifølge eksisterende forskning tilgodese *personalisering* – ved at understøtte forskellige børne- og elevgrupper i forhold til de naturfaglige/-videnskabelige fagområder i dagtilbud og uddannelsessystemet?

Disse reviewspørgsmål søges besvaret for alle relevante monofaglige og tværfaglige områder samt på tværs af dagtilbud, grundskole, ungdomsuddannelser og erhvervsuddannelser. De følgende mono- og tværfaglige områder (og deres internationale pendanter) blev inkluderet:

- 'Biologi' i grundskolen og på htx, stx og eud
- 'Bioteknologi' på stx
- 'Fysik' på htx, stx og eud
- 'Fysik/Kemi' i grundskolen
- 'Geografi' i grundskolen
- 'Geografi/Naturgeografi' på stx
- 'Geovidenskab' på stx
- 'Kemi' på htx, stx og eud
- 'It' og 'teknologi'
- 'Matematik' i anvendelse og samspil med andre fag på alle niveauer
- 'Natur og naturfænomener' i dagtilbud
- 'Natur/teknologi' og (det tidligere) 'Natur/teknik' i grundskolen
- 'Naturvidenskabelig faggruppe' på hf
- 'Naturvidenskabeligt grundforløb' på stx
- 'Naturfag' på erhvervsuddannelser.

Begrebsafklaring

I rapporten bruges termer som 'STEM' (Science, Technology, Engineering, Mathematics), 'natur', 'naturforhold', 'naturfænomener', 'naturfag', 'naturvidenskab', 'design', 'matematik', 'geologi', 'geografi', 'biologi', 'fysik', 'kemi', 'teknologi' og 'it' til at udpege bestemte fag og grupperinger af fag.

Det er vanskeligt at skabe en uniform og enhedslig sprogbrug, da litteraturstudiets område er så bredt defineret. Det vil fx i mange sammenhænge være upræcist at tale om 'naturvidenskab' til at udpege aktiviteter i dagtilbud – hvor det i stedet giver mere mening at tale om 'natur', 'naturforhold' og 'naturfænomener'. På samme måde vil det være upræcist at tale om naturfag til at udpege aktiviteter i gymnasieskolen – hvor det i stedet giver mere mening at tale om 'naturvidenskabelige fag'.

En grov tommelfingerregel for rapportens terminologi er, at fagområdebetegnelser bruges ud fra, hvad der giver bedst mening i den umiddelbare kontekst.

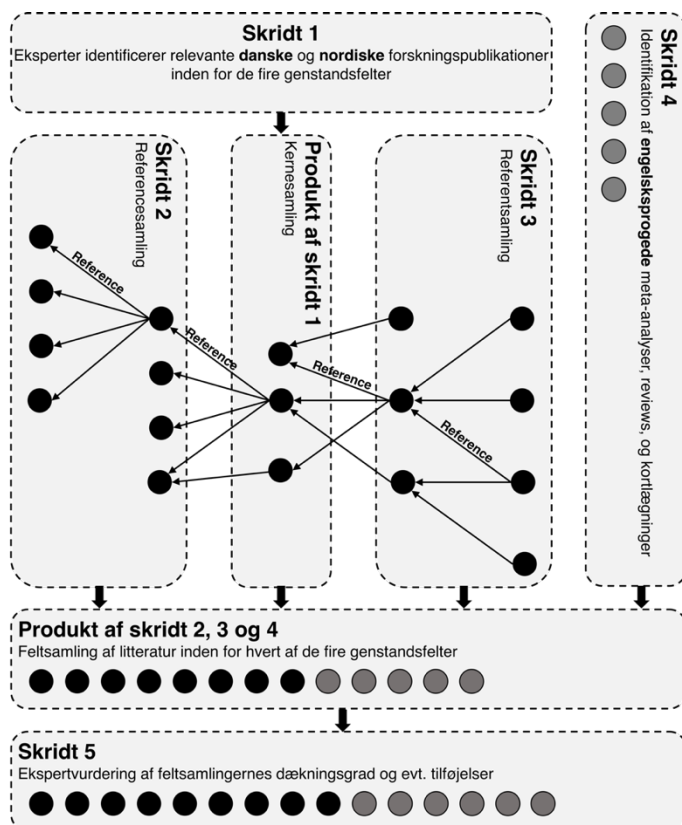
Tilgang og metode

Specielt inden for uddannelsesforskningen, hvor forskellige studier ofte har meget heterogene forskningsgenstande og -fokusser, er disse udfordringer med at lave systematiske litteraturstudier ud fra søgestrengte i forskningsdatabaser særdeles velkendte.⁶ Derfor var tilgangen i det nærværende litteraturstudie at kombinere en søgestrategi, der kaldes 'forward and backward snowballing'⁷ ud fra citationer i og af forskningspublikationer med ekspertvalidering⁸. Ved at danne datagrundlaget ud fra citationer opnås en mere fordomsfri sampling af litteraturen; og ved at lade danske og internationale eksperter validere datagrundlaget og frem for alt ved at lade forskere med omfattende erfaring omkring netop deres genstandsfelt analysere og syntetisere forskningen opnås en informeret beskrivelse af forskningen inden for genstandsfelterne. Metoden og analyseprocedure er nærmere beskrevet i det tekniske bilag (Bilag 1). Her følger en opsummering af metoden.

⁶ MacLure, M. (2005). 'Clarity bordering on stupidity': Where's the quality in systematic review? *Journal of Education Policy*, 20(4), 393-416.

⁷ Webster, J., & Watson, R.T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS quarterly*, 26(2), xiii-xxiii.

⁸ Selv inden for klinisk medicinsk forskning vil protokoldrevne søgninger i database ikke være tilstrækkelige for at få en valid dækning af feltet. Jf. Greenhalgh, T., & Peacock, R. (2005). Effectiveness and efficiency of search methods in systematic reviews of complex evidence: Audit of primary sources. *BMJ*, 331, 1064-1065.



Figur 2: En grafisk illustration af de fem skridt i litteraturstudiets søgestrategi. Cirklerne illustrerer forskningskilder, men repræsenterer ikke et endeligt antal af forskningskilder.

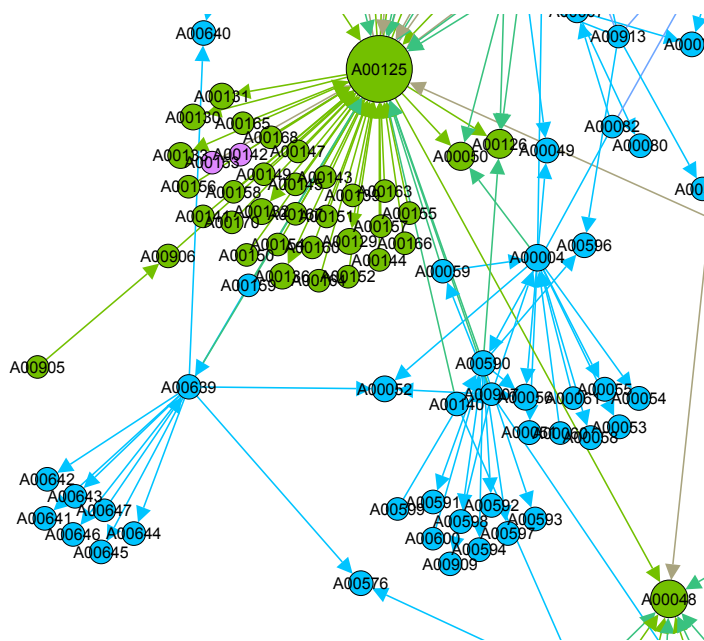
Søgestrategien bestod af følgende skridt:

1. Identificering af relevante **danske** og **nordiske** tidsskrifter og publikationer i samarbejde med udpegede nordiske og internationale eksperter (kerneforskere) inden for hvert af de fire genstandsfelter. Dette ledte til etableringen af en *kernesamling* bestående af væsentlige kilder for hvert af de fire genstandsfelter.
2. Etablering af en *referencesamling* ved at gennemse de kilder, som refereres af kilder i kernesamlingen. (Det vil sige en 'backward snowballing sampling'). Her blev der foretaget en udvælgelse på baggrund af geografisk relevans: Kun publikationer *om nordiske* (herunder danske) *forhold* blev inddraget.
3. Etablering af en *referentsamling* ved at gennemse de kilder, som refererer til kilderne i kernesamlingen. (Det vil sige en 'forward snowballing sampling'). Her blev der også foretaget en udvælgelse på baggrund af geografisk relevans: Kun publikationer *om nordiske* (herunder danske) *forhold* blev inddraget.
4. Identificering af væsentlige engelsksprogede metaanalyser, reviews og forskningskortlægninger, herunder også ekspertudvalgte kilder, der havde et mere alment pædagogisk/didaktisk fokus med substantiel relevans for de fire genstandsfelter.
5. Samling af alle relevante fundne kilder til en *feltsamling* inden for hvert af genstandsfelterne. Eksperterne inden for hvert af genstandsfelterne gennemgik nu de

respektive feltsamlinger og vurderede, om de identificerede kilder dækker genstandsfelterne. I dette skridt blev der tilføjet en række nye publikationer.

Den systematiske søgning (søgeskridt 1-5) resulterede i fire ekspertvaliderede feltsamlinger, der i alt bestod af **1.223** publikationer inden for STEM-didaktisk forskning om nordiske forhold og **48** centrale engelsksprogede meta-reviews, oversigter, og feltanalyser. Disse tal dækker over datagrundlaget *inden* eventuelle tilføjelser i løbet af analyse- og skriveprocessen. Disse publikationer er gengivet i Bilag 2.

For at strukturere analysen af det omfattende datagrundlag blev der foretaget en lingvistisk netværksanalytisk kortlægning af den identificerede litteratur.⁹ Der blev således opbygget en database, der kunne angive og visualisere emnesammenfald, overlap og andre relationer mellem enkeltkilder i det samlede datagrundlag. I denne sammenhæng er lingvistisk netværksanalyse sammenlignelig med det, der typisk kaldes computerdreven '*text mining*', som er et meget effektivt redskab til at skabe struktur i omfattende og ofte ustruktureret tekst¹⁰ – som fx abstracts og keywords i store mængder litteratur. I analysen blev der anvendt en klyngealgoritme¹¹ med henblik på at finde underliggende strukturelle mønstre i litteraturen (se mere i Bilag 1).



Figur 3: Udsnit af en visualisering fra analysen. Nodes (cirkler) er her individuelle publikationer, og links (streger) indikerer en citering (i pilens retning). Farver indikerer tilhørsforhold. Publikationer, der tilhører den 'grønne klynge', er tættere relateret til andre publikationer i den 'grønne klynge' end til publikationer i den 'blå klynge'.

⁹ Inspireret af: van de Wijngaert, L., Bouwman, H., & Contractor, N. (2014). A network approach toward literature review. *Quality & Quantity*, 48(2), 623-643.

¹⁰ Bodin, M. (2012) *Computational problem solving in university physics education – Students' beliefs, knowledge, and motivation*. (Ph.d.-afhandling) Umeå Universitet.

¹¹ Rosvall, M., & Bergstrom, C.T. (2008). Maps of random walks on complex networks reveal community structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(4), 1118-1123.

De netværksanalytiske produkter kunne bruges til at strukturere og skabe overblik over de fire genstandsfelter ved at gruppere publikationer efter indbyrdes forhold – gennem citationer og keywords (både keywords forbundet gennem publikationer og publikationer forbundet gennem keywords). Netværksanalysen blev således brugt til at stabilisere de skrivende parter tematiske opdeling af de respektive genstandsfelter. Denne tematiske opdeling er gengivet i rapportens opbygning, idet de enkelte afsnit under hvert genstandsfelt er et resultat af denne proces.

Det er vigtigt at understrege, at det inden for de satte rammer for udarbejdelsen af dette litteraturstudium ikke har været et mål at lave en udtømmende repræsentation af nordisk litteratur på området. Inden for de tidsmæssige rammer har sigtet derimod været at benævne, validere og beskrive de tematikker i litteraturen, der må siges at være de væsentligste.

Læsevejledning

Rapporten består efter denne indledning af fire afsnit:

1. Undervisning og læring i STEM, som vedrører reviewspørgsmål 1. Dette afsnit er udarbejdet af Jan Alexis Nielsen, Nina Waadegaard, Jens Dolin & Jesper Bruun.
2. Kompetenceudvikling for undervisere/pædagogisk personale, som vedrører reviewspørgsmål 2. Dette afsnit er udarbejdet af Birgitte Lund Nielsen & Keld Nielsen
3. Elevers motivation og interesse for STEM, som vedrører reviewspørgsmål 3. Dette afsnit er udarbejdet af Morten Rask Petersen.
4. Personalisering i STEM, som vedrører reviewspørgsmål 4. Dette afsnit er udarbejdet af Helle Mathiasen.

I begyndelsen af hvert afsnit opridses i punktform hovedkonklusionerne omkring, hvad forskningen viser, og på hvilke områder der stadig mangler viden.

Bilagsmaterialet består af:

- *Bilag 1* er et teknisk bilag, der gennemgår formål, afgrænsning, søgestrategi, metode og analyseprocedure – herunder netværksanalysen.
- *Bilag 2* indeholder det samlede output af søgestrategien i form af de 1.223 identificerede publikationer om nordiske forhold og de 48 engelsksprogede meta-reviews, oversigter og feltanalyser.

1. Undervisning og læring i STEM

Jan Alexis Nielsen, Nina Waaddegaard, Jens Dolin & Jesper Bruun

1.1. Resume af litteraturstudiets genstandsfelt 1

Dette afsnit handler om reviewspørgsmål 1: Hvilke indsatser, metoder og strategier kan ifølge eksisterende forskning styrke *undervisningen med henblik på elevers læring* – i form af tilegnelse af viden, færdigheder, kompetencer og naturvidenskabelig almindelig almen dannelse – herunder underviseres brug af en anvendelsesorienteret og/eller undersøgende tilgang til naturvidenskabelig undervisning samt inddragelse af it og teknologi, i forhold til de naturfaglige/-videnskabelige fagområder i dagtilbud og uddannelsessystemet? Litteraturstudiet viser:

- At elevers læring i STEM i høj grad kan understøttes igennem et didaktisk arbejde med at sikre den oplevede og objektive relevans af det faglige indhold igennem anvendelsesorientering, hvor fagligheden bringes i anvendelse på et praksisfelt. Anvendelsesorientering kan manifesteres på forskellig vis som undersøgelsesbaseret undervisning, praktisk arbejde, tværfaglige sammenhænge, tematisering af samfundsmæssige problemstillinger, aktiviteter inden for teknologi, *engineering* og design samt innovationsfremmende undervisning.
- At den måde, elevers læring evalueres på, er én af de væsentligste faktorer, der afgør elevers læringsudbytte. Frem for alt er formativ feedback med høj kvalitet en bærende drivkraft for læring. Det er et gennemgående tema, at en væsentlig del af de opstillede læringsmål på STEM-området svært lader sig evaluere (formativt og summativt), og at en række eksisterende evalueringspraksisser hindrer optaget af fx kompetenceorienteret undervisning. Der er således et massivt behov for udvikling af både viden og praksis omkring evaluering af STEM-relaterede kompetencer.
- At undervisning i naturforhold på dagtilbudsområdet bør: tage afsæt i et børneperspektiv, give børn plads til at være aktive deltagere og udfolde eksperimenter sammen med andre børn og pædagoger, sikre, at læringen om naturforhold opstår gennem social interaktion, hvor pædagogen indtager en aktiv rolle, understøtte, at den professionelle pædagog aktivt anvender sine naturfagskompetencer, og tage udgangspunkt i, at børn lærer i hverdagslivet gennem spontant opståede aktiviteter.
- At der er et markant behov for mere viden om undervisning og læring inden for STEM på erhvervsuddannelsesområdet. De få eksisterende forskningsbidrag indikerer, at der er en tendens til, at undervisning i naturfagligt indhold får en underordnet og instrumentel rolle i forhold til relevante færdigheder for elevens fremtidige erhvervspraksis.
- At undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning (UBNU) har et potentiale for elevers læring. Frem for alt kan elever, der gennemgår UBNU-forløb, tilegne sig væsentlige generiske

kompetencer – fx at kunne træffe konklusioner på baggrund af data. I en international kontekst oplever danske elever forholdsvis ofte UBNU-undervisning. Det er stadig et problem at integrere en konstruktiv evalueringspraksis i forhold til UBNU.

- At elevers læring i forbindelse med praktisk arbejde og laboratorieøvelser skal understøttes ved at tydeliggøre formålet med og give eleven ejerskab over aktiviteten. Det virker generelt ikke at bruge 'køgebogsopskrifter' for forsøg – sådanne forløb er mindre motiverende, er ofte afkoblede fra teorien og giver et forkert billede af videnskabelig praksis. Der er behov for en fælles nordisk (såvel som international) sprogbrug omkring aktiviteter af denne type, og der mangler viden om, hvordan elevers læring i disse aktiviteter evalueres.
- At der generelt er for lidt målrettet forskning omkring tværfaglighed og faglig integration på STEM-området. I langt de fleste tilfælde består den eksisterende viden af isolerede 'vidnesbyrd', 'how-to'-vejledninger og idéer til 'undervisningsforløb/aktiviteter'. Der er enkelte indikationer på, at der i visse former for tværfaglige forløb på STEM-området kan være et øget læringsudbytte, men implementeringen af tværfaglige forløb er udfordret af en række faktorer, herunder især læreres baggrund og mulighed for at udvikle tværfaglige forløb.
- At selvom der er omfattende forskning i, hvad der sker i uformelle læringsmiljøer (såsom feltture, besøg på naturskoler, museer, science-centre osv.), er der et stort behov for forskning i, hvad elever reelt lærer fra et fagligt perspektiv i uformelle læringsmiljøer.
- At der stadig foreligger en proces om at indføre kompetenceorienteret naturfags- og matematikundervisning (i modsætning til pensum/kernestofstyret undervisning). En væsentlig udfordring er, at kompetencebegrebet stadig er uklart for både praktikere og forskere, og at mange eksamensformer ikke godt nok kan evaluere elevers kompetencer (hvilket gør det mindre væsentligt at fokusere på kompetencetilegnelse i undervisningen). Lærersamarbejde om at udvikle, implementere og evaluere kompetenceorienteret undervisning kan styrke læreres fortsatte professionelle udvikling (CPD).
- At undervisning, der fremmer *scientific literacy* og naturvidenskabelig almindelse, møder de samme udfordringer som kompetenceorienteret undervisning generelt. Denne form for undervisning kræver en substantiel transformering af traditionelle pensumorienterede skolepraksisser, hvor undervisningen styres af et kernestof, og lærerens rolle primært er at docere viden. Derudover er der væsentlige dimensioner af både *scientific literacy* og naturvidenskabelig almindelse, der er svære at evaluere på i de eksisterende eksamensformer.
- At et bærende element i *scientific literacy* og naturvidenskabelig almindelse er, at elever har mulighed for (og bliver bedre til) at forholde sig fagligt reflekterende og argumenterende til samfundsmæssige problemstillinger (*socioscientific issues* (SSI) – fx 'skal vi tillade gentterapi?'). Men undervisningsaktiviteter, der giver plads til dette, er komplekse (over)faglige situationer, som naturfagslærere generelt ikke er klædt godt nok på til at rammesætte og (formativt) evaluere elever i. I Danmark, såvel som internationalt, inddrages

samfundsmæssige problemstillinger ofte på en måde, hvor der er så stærkt fokus på det fagfaglige indhold, at det overordnede kompetencemæssige potentiale i sådanne aktiviteter udvandes.

- At undervisning i teknologi, *engineering* og design (fx som afgrænsede forløb i natur-, naturfags-, naturvidenskabs- eller matematikundervisningen) har væsentlige læringspotentialer – især fordi de undervisningsformer, der typisk bruges, ser ud til at være konstruktive for elevers læring. Der er en stor udfordring i, at lærere ofte ser teknologi, *engineering* og design som uklare områder og relativt frit oversætter (og dermed udvander) begreberne til eksisterende aspekter i deres praksis. Endvidere er det en udfordring at danne ægte og meningsfulde koblinger mellem på den ene side teknologi, *engineering* og design og på den anden side naturfag/-videnskab og matematik.
- At det stærke politiske fokus på innovationskompetence i Danmark har ledt til en omfattende kritisk diskussion blandt uddannelsesforskere, og at der ud fra denne diskussion og en række empiriske undersøgelser er dannet et begreb om innovationskompetence, som er meningsfuldt i en skolekontekst, har et pædagogisk potentiale, og som rummer en konkret operationalisering, som lærere kan bruge til at designe innovationsfremmende undervisning og til at evaluere elevers innovationskompetence. Både i Danmark og internationalt er innovationskompetence som læringsmål stadig så nyt i forhold til de traditionelle fag, at der er brug for mere forskning på området.

1.2. Viden om elevers læring inden for de naturfaglige/-videnskabelige områder

Inden for de seneste 20 år har forskningen om elevers/børns læring på det naturfaglige/-videnskabelige område været præget af to overordnede tilgange til læring (for en oversigt se Dolin, 2013). På den ene side et begrebsligt læringsperspektiv (i den engelsksprogede litteratur ofte kaldet *conceptual change*) (for et generelt overblik se Duit & Treagust, 2003; Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou & Papademetriou, 2001). Dette perspektiv fokuserer på barnets/elevens kognitive tilegnelse af begrebslig forståelse byggende på elevens eksisterende videnskonstruktioner. På den anden side et sociokulturelt, diskursivt, konstruktivistisk, praktisk epistemologisk eller situeret læringsperspektiv. Dette perspektiv fokuserer på elevernes aktive meningsskabelse, positioner, forhandlinger og sprog i relation til læring.

Det begrebslige læringsperspektiv tager udgangspunkt i, at når elever starter i skole, har de allerede opbygget en forståelse af fænomener og processer, som hører til det naturfaglige/-videnskabelige område, og at deres forståelse i mange tilfælde vil være substantielt anderledes end den etablerede forståelse inden for videnskabsfagene (Vosniadou et al., 2001). Der har været tradition for at betragte elevers initiale forståelser som naive og dermed som noget, der skal erstattes af 'rigtige' forståelser, men nyere forskning dokumenterer, at børns initiale begrebsforståelser skal ses som intuitive og fragmenterede videnselementer, som bør udvikles og ikke erstattes (for et overblik se Duit & Treagust, 2003). Udviklingen af begreber afhænger af tidligere idéer og begreber (Helldén,

2004), og derfor bør læreren i undervisningen fokusere på det ”korrekte” i elevernes ”ukorrekte” forståelser (Angell, 2004). Alternative begrebsforståelser er med til at udvikle elevers evne til at ræsonnere og tage stilling, hvis de i en læringssituation konfronteres med dem som alternative (Hamza & Wickman, 2008). Hvis man ekskluderer alternative perspektiver fra naturfaglig undervisningspraksis, vil eleverne tilegne sig et unuanceret videnskabssyn. Hvis formålet med undervisningen er, at eleverne skal opnå *scientific literacy*, skal eleverne lære normer, værdier og handlinger i science-praksis, de skal have mulighed for at inddrage mange forskellige videnskabelige perspektiver, og de skal være med til at problematisere indholdet (Knain, 2005). Netop på grund af denne udvikling er det begrebslige læringsperspektiv i dag markant mindre toneangivende (især i Norden) end for blot ti år siden.

Fra det sociokulturelle perspektiv fremstilles elevernes læringsprocesser som noget andet end begrebslig videnstilegnelse (se fx Arvola & Lundegård, 2012), men som udviklingen af normer, værdier og handlinger i naturfagene. Når eleverne deltager i diskussioner og undersøgelser, får de erfaringer med at ’gøre’ skole og science. Det er fra dette læringsperspektiv centralt, at eleverne kan se formålet med deres handlinger, og at aktiviteterne bidrager til, at eleverne kan være en del af og deltage meningsfuldt i praksis (se Wickman, 2014). Sprogbrug anses for at mediere viden mellem mennesker og som et aspekt ved læreprocessen. Der skelnes mellem hverdags- og naturvidenskabeligt sprog. Gennemgående for den nordiske forskningslitteratur er, at den undersøger elevers læring i relation til naturfaglige/-videnskabelige emner som bæredygtighed, sociovidenskabelige temaer (se fx Kolstø, 2001, 2006; Rudsberg & Öhman, 2013), informationsteknologi (se fx Sundqvist, 2016; Almqvist & Östman, 2006; Quennerstedt, 2013), online/offline læringsrum og bæredygtighed (se fx Öhman, 2006; Andersson & Öhman, 2016).

Et væsentligt produkt af forskning fra det sociokulturelle læringsperspektiv har været at dokumentere, hvordan det at lære naturvidenskab på mange måder bør sammenlignes med at lære et *nyt sprog* (se fx nøglepublikationerne Leach & Scott, 2003; Lemke, 1990; Mercer, 1995 – som i høj grad bygger på tanker fra Vygotsky, 1986, og Bakhtin, 1981). At være i stand til at deltage i naturvidenskab kræver, at eleverne deltager i praksisser, hvor der bruges specialiseret naturvidenskabeligt sprog i både læsning og skrivning (se fx Geijerstam, 2006). Elever skal tilskyndes til at arbejde med deres eget autentiske sprog for derved at udvikle deres naturvidenskabelige sprog, når de udfører praktisk arbejde (se fx Mestad & Kolstø, 2014). Undersøger man elevernes brug af sprog og andre medierende artefakter over tid, er det tydeligt, at de er i stand til produktivt at bruge tekster og andre materialer, der gør dem i stand til at tilnærme sig videnskabelige måder at tænke på (se fx Jakobsson, Mäkitalo & Säljö, 2009).

Inden for de seneste 20 år har der især internationalt været fokus på at betragte elevers læring i STEM i termer af deres tilegnelse af faglige argumentationskompetencer. En væsentlig del af paraplybetegnelsen *scientific literacy* (se afsnit 1.4.2) angår elevers evne til argumentativt at forholde sig til fagligt indhold og samfundsmæssige forhold med et fagligt indhold. Men koblingen mellem argumentation og læring i STEM ser ud til at gå endnu dybere, i den forstand at det nu er veldokumenteret, at argumentation og diskussion er væsentlige heuristikker i elevers forståelse af

faglige begreber – *det er med andre ord i høj grad gennem argumentation, at elever lærer i STEM* (Aufschnaiter, Erduran, Osborne & Simon, 2008; Osborne, 2005, 2007b, 2010).

Både i det begrebslige og det sociokulturelle læringsperspektiv har man i Norden fokuseret på kønsaspekter af læring. Piger og drenge ser ud til at navigere forskelligt i begrebsorienteret undervisning. Der er indikationer på, at drenge er mere interesserede i at lære begrebsligt indhold end piger – muligvis fordi drenge ser det som værdifuldt i sig selv og er tilfredse, hvis de forstår den interne sammenhæng mellem de faglige begreber – piger vil helst forstå begreberne i relation til en større forståelsessammenhæng (Ekborg, 2005; se også Nieminen, Savinainen, Viiri, 2013; Lindahl, 2003). Læringsrummet i naturfaglig undervisning er fyldt med eksplicite såvel som implicite normer og værdier fx i relation til køn. Dette påvirker, hvordan eleverne lærer at se sig selv og omverdenen (se fx Orlander, 2011). Fx konstitueres den gode elev som den ansvarsfulde, selvdisciplinerede, aktivt tænkende og handlende elev (Östman, Öhman, Lundqvist & Lidar, 2015); og eleverne orienterer deres tale og aktiviteter mod mere eller mindre eksplicite værdier, krav og forventninger, der er indlejret i 'at gøre skole' såvel som 'at gøre videnskab' (se fx Furberg & Ludvigsen, 2008).

Fra det sociokulturelle læringsperspektiv er én af de væsentligste udfordringer for elevers læring, at lærere ofte vil lægge stor vægt på at formidle teoretisk viden til elever, for at de bliver i stand til at fortolke deres observationer korrekt og anvende naturvidenskabelig teori, men det kan hindre elevernes egne italesættelser og forståelser under udvikling (se fx Mestad & Kolstø, 2014). Det kan endvidere være svært for lærere at skabe sammenhæng mellem børns spontane handlinger og det naturfaglige/-videnskabelige indhold; elevspørgsmål kan forårsage emneskift væk fra det science-relevante tema, derfor skal lærerne til stadighed guide eleverne og udfordre dem på deres forforståelser; på den måde kan elevspørgsmål bruges til at omsætte hverdagsprog til videnskabeligt sprog (se fx Öhman & Öhman, 2013; Lundin, 2007). En anden hindring for at engagere elever i diskursive aktiviteter er den oplevede legitimitet eller autenticitet af sådanne aktiviteter. Elever mener, at de har et demokratisk medansvar for at agere i samfundet på en bæredygtig måde, men nogle elever oplever ikke, at de har indflydelse på samfundets udvikling (se fx Ottander, 2015), hvilket kan udvande aktiviteter, hvor elever arbejder med beslutningstagen i undervisningen.

1.2.1. Relevans og anvendelsesorientering som drivkraft for læring

Der har været tradition for at betragte konstrukter såsom motivation og interesse som proxyer for læring (se fx Petersen, 2012b). Udvikling af elevers motivation og interesse behandles som et særskilt område i afsnit 3. I forlængelse heraf er der i den naturfagsdidaktiske forskning en stærk tradition for at fokusere på begreber som *relevans* og *anvendelsesorientering* af det naturfaglige/-videnskabelige indhold i undervisningen. Her tales på den ene side om relevans og anvendelsesorientering af det naturfaglige/-videnskabelige indhold i undervisningen som tydelige uddannelsespolitiske mål i diverse læreplaner og bekendtgørelser og kan på den måde ses som en

nærmere operationalisering af undervisning, der fremmer *scientific literacy* (her oversat til naturfaglig dannelse) – se afsnit 1.4.2 for en dybere gennemgang af dette – på den anden side om relevans og anvendelsesorientering som en væsentlig drivkraft for elevers læring (for en kortlægning af en række studier omkring især anvendelsesorientering se Rambøll & Dansk Clearinghouse for Uddannelsesforskning, 2014); lidt forsimplet kan man sige, at den meningsskabende interaktion med og omkring et fagligt indhold udestår, hvis eleven ikke anser indholdet selv, interaktionen med indholdet eller anvendelsen af indholdet som værende relevant (se fx Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman & Eilks, 2013).

I den hidtil mest dybdegående metaanalyse af relevansbegrebet i den naturfagsdidaktiske forskning præsenterer Stuckey og kolleger (2013, s. 18) en model for relevant naturfaglig/-videnskabelig undervisning:

- Individdimensionen: Naturfaglig/-videnskabelig undervisning skal tilpasses den enkelte elevs nysgerrighed og interesse, undervisningen skal tilbyde eleven de færdigheder og kompetencer, der er nødvendige for at kunne håndtere deres hverdagsliv nu og i fremtiden, og generelt stimulere til elevens kognitive udvikling.
- Samfundsdimensionen: Naturfaglig/-videnskabelig undervisning skal forberede eleven på selv at kunne tage stilling og ansvar i samfundet ved at fremme elevens forståelse af interaktionen mellem naturvidenskab og samfund og udvikle elevens kompetencer til at indgå i samfundet som en informeret borger.
- Arbejdsdimensionen: Naturfaglig/-videnskabelig undervisning skal fremme elevens evne til at orientere sig i fremtidige karrierer og forberede eleven på fremtidige uddannelser og jobmarkedet generelt.

Anvendelsesorientering betyder i denne kontekst, at fagligheden bringes i anvendelse på et praksisfelt (Holm & Jacobsen, 2013). Anvendelsesorientering kan ses som en måde at styrke den oplevede relevans af undervisning (Belova et al., accepteret), men ud over denne pædagogiske/læringsmæssige grund til at arbejde anvendelsesorienteret kan der være mange forskellige formål med at arbejde anvendelsesorienteret for en lærer (Holm & Jacobsen, 2013). I forhold til anvendelsesorientering foreslår T.S. Christensen og Svejgaard (2008) en begrebslig opdeling af ordet 'anvendelsesorientering', i forhold til hvordan fagligt indhold (teori) kan forholde sig til forskellige praksissfærer:

- Skolefagets praksis (anvendelse af fagets viden og færdigheder på intrafaglige forhold)
- Skoleverdenens praksis (anvendelse af et fag i og/eller med et andet fag)
- Praksis uden for skolen (anvendelse af faget på hverdagsmæssige forhold)
- Samfundslivets praksis (anvendelse af faget på samfundsmæssige problemstillinger og forhold).

På mange måder er det meste af indholdet i afsnit 1.3 og 1.4 nedenfor en nærmere gennemgang af undervisning, der på den ene eller anden måde er anvendelsesorienteret og/eller sigter på at være

relevant. I afsnit 1.3.2 og 1.3.3 gennemgås henholdsvis *undersøgellesbaseret naturfaglig/videnskabelig undervisning* og *praktisk arbejde*, hvor anvendelsesorientering er en central del af rammesætningen af forløb, hvor elever indgår i undersøgende processer, og hvor den oplevede relevans af det faglige indhold potentielt kan være stærk og umiddelbar. I afsnit 1.3.4 gennemgås *tværfaglighed* som et særskilt pædagogisk/didaktisk tema; her er der oplagt grobund for anvendelse af faglighed i samspil med eller endda inden for andre fag. I afsnit 1.4.3 gennemgås brugen af *samfundsmæssige problemstillinger* som kilde til at styrke elevers evne til at tilegne sig og anvende fag gennem beslutningstagen og argumentation. I afsnit 1.4.4 gennemgås undervisning i *teknologi, engineering og design*, hvor der i høj grad er fokus på at anvende faglighed på praktiske teknologiske forhold til at tematisere teknologiens rolle i samfundet eller ved at arbejde i designprocesser. I afsnit 1.4.5 gennemgås undervisning, der fremmer innovationskompetence, hvor elever netop arbejder på at udvikle fagligt funderede forbedringsforslag på praksisfelter uden for skolefaget.

1.2.2. Læring om naturforhold på dagtilbudsområdet

På dagtilbudsområdet har der primært været fokus på relationen mellem barnet, pædagogen og naturforhold (læringsobjektet). I denne del af litteraturen er den verbale mediering central – fx når det undersøges, hvordan børn bruger sprog til at forstå naturforhold, og hvordan man generelt kan kommunikere naturvidenskabeligt indhold til børn, eller når det undersøges, hvordan børn bruger deres fantasi i aktiviteter, hvor de undersøger problemstillinger vedrørende bæredygtighed (Caiman, 2015). På dette område kan forskningen dokumentere det følgende:

- Det er vigtigt, at pædagoger aktivt understøtter, at børnenes sprog og italesættelse af naturforhold udvikles fra et hverdagsagtigt og barncentreret sprog til en mere faglig sprogbrug (Ejbye-Ernst, 2012b). Herunder er det vigtigt, at pædagoger kan stilladsere børns mulighed for aktiv deltagelse og forståelse, og at pædagogerne understøtter og fremmer dialog (se fx Muhonen & Pakarinen, 2016).
- Det er vigtigt, at relationen mellem pædagoger og børn både indebærer et undervisnings- og et omsorgsaspekt (se fx Mork & Jorde, 2004).
- Det er vigtigt, at den voksne skal invitere barnet og bruge en undersøgende tilgang til de naturlige fænomener. Man skal lede barnets opmærksomhed hen mod sprogbrugen ved fx at spørge efter barnets perspektiv (se fx Åkerblom, 2015).
- Det er vigtigt, at børn eksplicit baserer deres vurderinger på værdier, når de tager stilling til situationer, hvor faktuel viden ikke slår til (se fx Hedefalk, Almqvist & Lidar, 2014).
- Såfremt man kan definere undervisning som at lede børns opmærksomhed i en særlig retning på linje med curriculum, så er undervisning en central aktivitet gennem hele dagen i førskolen; børn lærer princippet for læring gennem undersøgelser (se fx Hedefalk, Almqvist & Lundqvist, 2015).

Generelt for førskoleområdet kan der i forlængelse af Broström og Frøkjær (2016) foreslås en naturfagspædagogik i dagtilbud bestående af fem principper:

- 1) En naturfaglig praksis bør tage afsæt i et børneperspektiv og børns undren.
- 2) Børn skal have plads til at være aktive deltagere og udfolde eksperimenter sammen med andre børn og pædagoger.
- 3) Læringen om naturforhold opstår gennem social interaktion, hvor pædagogen indtager en aktiv rolle.
- 4) Den professionelle pædagog anvender aktivt sine naturfagskompetencer.
- 5) Børn lærer i hverdagslivet gennem spontant opståede aktiviteter, men med plads til på forhånd planlagte aktiviteter.

1.2.3. Læring i naturfag på erhvervsuddannelsesområdet

I litteratursamlingen er erhvervsuddannelsesområdet det markant mindst repræsenterede uddannelsesområde i forhold til det naturfagsdidaktiske felt. Der mangler således i særdeleshed fokuseret empirisk forskning om undervisning i og læring af naturfag på de erhvervsrettede ungdomsuddannelser såvel i Danmark som internationalt. Fx er der i tidsskriftet *Nordic Journal of Vocational Education and Training* indtil nu kun udgivet én fagfællebedømt artikel, der fokuserer på naturfagsdidaktik (specifikt: Valero, Daugbjerg & Svejgaard, 2014).

I Danmark består erhvervsuddannelserne delvist af skolegang og praksisforløb. Disse rammer er i udgangspunktet ideelle for at fremme anvendelsesorientering og praksisnærhed af undervisningen – og giver dermed, fra et sociokulturelt læringsperspektiv, muligheder for høj kvalitet i undervisningen (Jacobsen, Jensen & Størner, 2010; Valero et al., 2014). I en analyse af otte forløb på SOSU- og landbrugsuddannelser fandt Valero og Daugbjerg (2014), at elever typisk positioneres som elever og ikke som (begyndende) praktikere i et erhverv, og at lærerne generelt har svært ved at trække på elevers besøg i erhvervet i undervisningen, fordi disse erfaringer er meget heterogene.

I én af de mest dybdegående internationale analyser på området viser Donnelly (2009), at der er få (givet det manglede forskningsmæssige fokus), men konsistente indikationer på, at naturfag ofte håndteres på en 'need-to-know'-basis på erhvervsuddannelsesområdet; hvor der undervises i det og kun det naturfaglige indhold, der skal til at udføre specifikke operationer i praksis. Lignende indikationer findes i forhold til matematisk indhold (Rosvall, Hjelmér & Lappalainen, 2016). Med andre ord er der en tendens til, at undervisning i naturfagligt indhold får en underordnet og instrumentel rolle i forhold til relevante færdigheder for elevens fremtidige praksis. Faren her er, at selvom den fremtidige praktiker bliver i stand til at udføre operationer, vil fraværet af grundlæggende naturfaglig viden begrænse praktikerens kontrol af operationerne (Corrigan & Fensham, 2002).

1.3. Viden om kvalitet i undervisning og om forskellige undervisningsformer

1.3.1. Generel viden om kvalitet i og omkring undervisning

Der foreligger substantiel viden om generelle forhold for, hvad god undervisning er (det vil sige ikke på det specifikt naturfagsdidaktiske område). I Danmark har frem for alt Hatties (2008) syntese af mere end 800 metaanalyser og Meyers (2005) syntese af empirisk forskning (primært for tyske forhold) været toneangivende. Meyers (2005) syntese mundede ud i ti forhold, der har positiv indflydelse på undervisningens kvalitet. Disse kan parafraseres på følgende måde (for et overblik se Helmke et al., 2008, s. 14-16):

- Processer, aftaler, rollefordelinger i undervisningen og logikkerne bag undervisningen skal være klare og tydelige.
- Den tid, læreren har til rådighed, skal primært anvendes på design, implementering og evaluering af undervisning frem for organisatoriske og administrative opgaver.
- Arbejdsklimaet i og omkring klasserummet skal være læringsfremmende.
- Det skal være klart for eleverne, hvilket fagligt indhold undervisningen handler om, og hvor de er henne i processen med at tilegne sig dette indhold.
- Kommunikationskulturen i og omkring undervisningen skal fordre elevernes meningsdannelse.
- Undervisningen skal rumme varierede metoder til og former for rammesætning af det faglige indhold.
- Den enkelte elevs læreproces skal i et vist omfang kunne tilgodeses i undervisningen.
- Eleverne skal bearbejde det, de lærer; deres metakognitive udvikling er en vigtig drivkraft for deres kognitive udvikling.
- Eleverne skal være klar over de læringsmæssige forventninger til dem, og de skal løbende have feedback på deres udvikling.
- De fysiske rammer for undervisningen skal danne et stimulerende læringsmiljø.

Disse ti forhold resonerer i høj grad med Hatties (2008) principper for, hvordan undervisningen bør formes for at understøtte elevers læring. Hatties principper sammenfattes ofte i seks forhold (her gengivet efter Laursen, 2009):

- Undervisningen, og kvaliteten af undervisningen, er en væsentlig faktor bag elevers læring.
- Læreren bør være en ledende og aktivt drivende kraft i undervisningen.
- Læreren skal være vidende om elevernes individuelle læring og kunne give dem feedback, der kan lede dem videre.
- Undervisningen skal være velstruktureret, og læreren skal have en klar plan for, hvordan elevernes læring skal udvikle sig, og for, hvordan han/hun kan evaluere elevernes læring.

- Læreren skal spille en bærende rolle i forhold til at hjælpe eleverne med at udvikle deres viden til højere taksonomiske niveauer.
- Det psykiske arbejdsmiljø i klasserummet skal være positivt og tillade, at der begås fejl.

1.3.2. Undersøgellesbaseret undervisning (UBNU)

Undersøgellesbaseret naturfagsundervisning (UBNU, på engelsk *inquiry based science teaching/education* (IBST/IBSE)) er en paraplybetegnelse for en bred vifte af undervisningsformer, som har til formål at øge elevers motivation og styrke elevers naturfaglige/-videnskabelige kompetencer (Østergaard et al., 2010). Der findes et væld af forskellige definitioner og modeller, som finder anvendelse i Norden og internationalt, både i forskningsprojekter, i nationale styredokumenter og i EU-projekter med den hensigt at udbrede UBNU-strategier (for et overblik se Rönnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016).

I forskningen i Norden rammesættes UBNU gerne som den undervisningsstrategi, inden for hvilken andre fænomener undersøges, fx laboratoriearbejde (fx Almqvist, 2005; Gyldenpalm, Wickman & Holmgren, 2009; Gyldenpalm, 2010; Gyldenpalm & Wickman, 2011), *nature of science* (fx Juntunen & Aksela, 2013; Gyldenpalm & Wickman, 2011), læreres holdninger og praksisser (fx Nieminen et al., 2015; Partanen, 2015; Ratinen, Viiri & Lehesvuori, 2013), læringsteori og sociale aspekter. Det kan hænge sammen med, at UBNU stadig er forholdsvist nyt i en nordisk kontekst, og at der er et behov for at relatere UBNU til eksisterende undervisningstraditioner.

UBNU-undervisning er generelt struktureret omkring elevers selvstændige udforskning af et naturfagligt spørgsmål. Denne udforskning vil ofte blive stilladseret af læreren gennem arbejdsark, ICT-midler og lærerens dialog med eleverne. Inden for denne brede beskrivelse finder mange specifikke undervisningsstrategier anvendelse (Østergaard et al., 2010). Den vigtigste forskel på UBNU-undervisning og traditionel undervisning er, at eleverne får lov til at arbejde med problemet, før de præsenteres for nye faglige begreber og sammenhænge (se fx Lawson, 2009; Bybee, 2015). UBNU-modeller beskrives ofte med faser, hvori der skal foregå bestemte typer af aktiviteter. De fleste UBNU-modeller indeholder eksplicite angivelser af, hvordan elevernes forudsætninger inddrages, hvordan eleverne motiveres, hvornår og hvordan eleverne arbejder selvstændigt, hvornår, hvordan og af hvem forklaringer gives, og strategier for overførsel af viden og for feedback (se fx Bybee, 2015).

Potentialet i UBNU-undervisning ligger i, at elever bliver kritiske og reflekterede modtagere og brugere af naturvidenskabelig information. De bliver i stand til selv at udtænke, udføre og vurdere forsøg og modeller inden for de naturvidenskabelige fag for derved at kunne indgå i, som kan give anledning til dyb faglig viden hos eleverne. I den største forskningssyntese (af 138 studier) på området konkluderede Minner, Levy og Century (2010), at der ikke var en signifikant sammenhæng mellem mængden af UBNU, en elev deltager i, og elevens begrebslige læring, men at UBNU-forløb har en særlig positiv effekt på elevers læring, hvis eleverne aktivt bringes til at arbejde målrettet

med at konstruere og anvende begreber gennem formulering af spørgsmål og systematiske undersøgelser, hvor de drager konklusioner på baggrund af evidens (se også Kruse, 2013). Endvidere konkluderer Minner, Levy og Century (2010), at elever, der deltager i UBNU-forløb, kan lære mere end det rent begrebslige – fx er elever i UBNU langt mere engagerede i at skulle tænke aktivt selv og konkludere på baggrund af data.

Der er dog stadig udfordringer ved implementering af UBNU. En af de vigtigste er tid (Dolin, 2016). Især i begyndelsen, hvor elever ikke er vant til denne type undervisning, oplever mange lærere, at det tager meget lang tid at dække et forholdsvist snævert fagligt område. Næst efter dette er udfordringen for læreren at finde balancen mellem at give plads til elevernes selvstændige arbejde og at hjælpe dem med at fokusere deres undersøgelser.

Studier i Norden beskæftiger sig ofte med læreres måde at bedrive og forholde sig til UBNU-undervisning på og på caseniveau, hvordan elever kan gøre i specifikke sammenhænge. Feltet synes at have en altovervejende interesse i gymnasiale uddannelser (hvad der svarer til stx og htx) og folkeskolen. Det kvantitative belæg for UBNU hentes fra internationale studier (se fx Kruse, 2013). I nordiske sammenhænge mangler der fortsat både kvalitativ og kvantitativ fagfællebedømt forskning i

- Læringsudbyttet af UBNU for elever i de nordiske uddannelsessystemer
- Hvilke tiltag der tidligere har været lavet, som i dag ville betragtes som UBNU, men som er svære at finde i den tiltagende informationsstrøm
- Hvordan flere lærere kan bringes til systematisk at inddrage UBNU i deres daglige virke
- Hvordan man kan evaluere kompetencer i UBNU
- Hvordan UBNU kan implementeres i andre uddannelseslag end folkeskole og gymnasiale retninger.

I resultaterne fra PISA 2015 rapporteres det, at danske elever generelt ofte (og i højere grad end OECD-gennemsnittet) oplever at møde UBNU i deres undervisning (dette kan forklares ved, at UBNU-elementer har været faste dele af læreplaner de seneste år); der er dog ikke en signifikant sammenhæng mellem elevens oplevelse af at møde UBNU og deres præstation i testen, også når der korrigeres for socioøkonomisk baggrund eller køn (V.T. Christensen, 2016).

1.3.3. Praktisk arbejde: eksperimentelt arbejde og laboratorieøvelser

Praktisk arbejde er et stort felt, og der hersker en del forvirring om, hvad praktisk arbejde egentlig er (Dillon, 2008). En snæver definition af praktisk arbejde som eksperimenter eller forsøg udelukker elevers førstehåndserfaringer med naturvidenskabelige fænomener, fordi der i et eksperiment indgår systematisk dataindsamling. Hvis praktisk arbejde blot er, hvad der foregår i et laboratorium, udelukker man observationer i naturen og uformelle læringsmiljøer. Endelig vil praktisk

arbejde som noget, hvor eleverne kun kan manipulere med fysiske artefakter og entiteter, udelukke arbejde med virtuelle eksperimenter. Feltet omkring praktisk arbejde er stort, dels fordi mange ting kan anses for at være praktisk arbejde, og dels fordi det historisk set har været meget undersøgt i naturfagsdidaktikken. Det synes at være et svært emne at indfange, fordi praktisk arbejde ikke relaterer til et fagligt indhold, men til en række kompetencer, der indgår i det 'at gøre' naturvidenskab.

Tyve studier i vores sample beskæftiger sig med praktisk arbejde som laboratoriearbejde, og det betyder, at laboratoriearbejde ser ud til at være det mest udforskede emne i feltet.

Laboratoriearbejde forbindes med praktisk arbejde i nogen studier (Hamza, 2013; Wickman & Östman, 2012; Anderhag, Thorell, Andersson, Holst & Nordling, 2014), det kan skyldes, at laboratoriearbejde her ses som et eksempel på praktisk arbejde som i Anderhag et al. (2014). Andre studier beskæftiger sig mere bredt med praktisk arbejde (Leach & Paulsen, 1999; Börnin & Labudde, 2014; Löfgren, Schoultz, Hultman & Björklund, 2011; Mestad & Kolstø, 2014; Juuti, Lavonen & Meisalo, 2004). Laboratoriearbejde forbindes også med undersøgelse og sproglighed (Gyllenpalm & Wickman, 2009; Gyllenpalm, 2010; Gyllenpalm & Wickman, 2011), hvor det fremhæves, at undervisning i naturvidenskabelig metode kan komme til at forfladige begreber som hypotese, eksperiment og sproglighed. Der er også en forbindelse mellem laboratoriearbejde og Deweys pragmatisme (Lidar, 2010; Gyllenpalm, 2010; Hamza, 2010, 2013; Wickman & Östman, 2002; Hamza & Wickman, 2009), som så igen er forbundet til det svenske begreb praktisk epistemologi, hvilket er en måde at anskue elevers handlinger og meningstilskrivelse på (Hamza & Wickman, 2012). Over en kam fremhæver disse studier, at for at praktisk arbejde skal være værdifuldt for elevernes læring, bør de arbejde specifikt med at tilskrive de praktiske aktiviteter mening i forhold til naturvidenskabelige metoder, modeller og begreber. Endelig er der en forbindelse mellem laboratoriearbejde og diskurs (Rudsberg & Öhman, 2014; Hamza & Wickman, 2013; Hamza, 2010; Löfgreen et al., 2011; Wickman & Östman, 2002), hvilket kan relateres til arbejdet med meningstilskrivelse.

Generelt afspejler artiklerne i feltet en søgen efter, hvad det er, eleverne lærer i forbindelse med praktisk arbejde (primært laboratoriearbejde). Idet det er svært for forskere – både i Norden og resten af verden – at indkredse, hvad praktisk arbejde er, så er det også svært at generalisere, hvad elever kan lære af praktisk arbejde. Til gengæld er der lavet meget forskning på, hvad der ikke virker. Det virker generelt ikke at bruge kugebogsopskrifter (Jacobsen, 2008). Med det menes, at eleverne kun i begrænset omfang bliver motiverede, de lærer, at videnskab handler om at bekræfte det, vi allerede ved, i stedet for at udvikle ny viden, og ofte kan de ikke redegøre for, hvad de forsøger, de har lavet, skulle vise (Abrahams & Millar, 2008). Det kan have noget at gøre med, at laboratorieøvelserne ofte ses af eleverne som afkoblede fra teorien. (Börnin & Labudde, 2014).

For at eleverne kan lære, er det vigtigt, at formålet tydeliggøres og internaliseres af eleverne (Anderhag, Danielsson Thorell, Andersson, Holst & Nordling, 2014). Det er nemlig, når eleverne bringes til aktivt og selvstændigt at sætte det praktiske arbejde i relation til det intenderede faglige indhold, at eleverne kan lære det intenderede (Abrahams & Millar, 2008).

Forskningen på området viser også et grundlæggende problem med praktisk arbejde og evaluering. Evalueringer sker oftest på baggrund af skriftlige eller mundtlige produkter fra den studerende. I Danmark fører det til, at man kun i ringe grad evaluerer eleverne på de mål for praktisk arbejde, som opstilles i læreplanerne (Elmeskov, Bruun & Nielsen, 2014). Problemet er helt generelt, og metoderne, som bruges i feltet, er snarere videoanalyser af elever, der deltager i praktisk arbejde og/eller dybdegående interview med elever – eventuelt ved flere lejligheder (se fx Bernhard, Carstensen & Holmberg, 2010).

Helt grundlæggende mangler der i Norden – såvel som i resten af verden – en solid definition, der kan indfange det praktiske arbejdes mange aspekter. Der mangler forskning i, hvordan man evaluerer kompetencer i praktisk arbejde – især med henblik på hvad der tages som tegn på læring. I forhold til kvantitative studier af, hvad eleverne kan, kan man eventuelt bygge videre på komplekse måder at repræsentere studerendes viden på, såsom Bernhard et al. (2010), som omformer deres videoanalyse til netværksdiagrammer.

1.3.4. Tværfaglighed

Der er generelt for lidt målrettet forskning omkring tværfaglighed og faglig integration på STEM-området. I langt de fleste tilfælde består den eksisterende viden af isolerede ”vidnesbyrd”, ”how-to”-vejledninger og idéer til ”undervisningsforløb/aktiviteter” (Czerniak & Johnson, 2014, s. 401).

En international metaanalyse, der beror på data fra 31 undersøgelser af tværfaglige indsatser mellem matematik og naturfag – primært på det, der svarer til gymnasialt niveau – viser, at (Hurley, 2001):

- Der var generelt et positivt læringsudbytte i både matematik og naturfagene ved de tværfaglige indsatser, undtagen når de deltagende fag indgik i et parallelfagligt samspil – dvs. at undervisningen i fagene blev planlagt og implementeret parallelt med udgangspunkt i et samlende begreb/emne.
- Tværfaglige indsatser mellem naturfag og matematik i højere grad fører til elevers læring i de deltagende naturfag end i matematik.
- Læring i naturfagene understøttes bedst, når matematik enten bruges som støttefag til eller fuldstændigt integreres i den naturfaglige/-videnskabelige undervisning.
- Læring i matematik understøttes bedst, når den tværfaglige undervisning forløber sekventielt – dvs. først i de(t) naturfaglige/-videnskabelige fag og så i matematik (eller omvendt).

De få eksisterende undersøgelser af omfattende forsøg på at integrere naturfagene i et curriculum indikerer (for et overblik se Czerniak & Johnson, 2014), at et integreret naturfagscurriculum kan lede til større læringsudbytte og styrkelse af de affektive dimensioner (Greene, 1991; Ross & Hogaboam-Gray, 1998; Stevenson & Carr, 1993; Vitale & Romance, 2011). Mindre tværfaglige forløb har dog også potentiale til at styrke elevers motivation (se fx H.M. Andersen, 2014); og

teknologiske artefakter har potentiale til at skabe kontekster for tværfaglige samarbejder (se fx Majgaard, 2010).

Der er en række udfordringer forbundet med tværfaglig undervisning:

- Der er en markant risiko for, at det faglige samspil bliver for konstrueret eller kunstigt, med det resultat at undervisningen i de deltagende fag udvandes – at skrive et digt om fotosyntese udvikler ikke nødvendigvis din forståelse af hverken fotosyntese eller digtgenren (Mason, 1996, s. 266).
- Generelt er det usikkert, at lærerkræfter uddannes godt nok til at lade deres fag indgå i tværfaglige samspil (Czerniak & Johnson, 2014; S.H. Hansen, 2007). Se også afsnit 2.5.3.
- Der er en række organisatoriske udfordringer forbundet med tværfaglige indsatser, herunder manglende materialer, tid i undervisning (McBride & Silverman, 1991) og lærertid til at udvikle et frugtbart samspil. Fx nævnes det i en rapportering af erfaringer fra *QUEST-projektet*, at der kan være logistiske udfordringer forbundet med at opbygge tværfaglige aktiviteter i udskolingen på tværs af de eksisterende faglige lærerteams (Mogensen, Nielsen & Sillasen, 2015). Her viser erfaringer fra projektet *Gymnasiet tænkt forfra*, at tværfaglige lærerteams i høj grad kan opbygge et konsistent og længerevarende samarbejde om organisering af undervisningen, når der er et klart samlende læringsmæssigt fokus for det tværfaglige team – i denne kontekst indarbejdelsen af et nyt kompetencemål (Nielsen, 2015b).
- Undersøgelser i norske børnehaver indikerer, at pædagoger ofte ikke har fokus på ligeværdige tværfaglige samspil mellem matematik og naturfag (Broström, 2013; Simensen & Anundsen, 2013).
- En analyse af SRP-rapporter i gymnasiet viser, at graden af tværfaglighed i rapporterne generelt er lav, men at tværfagligheden kunne øges ved at fokusere mere på den kvalitative karakter af det tværfaglige samspil samt ved at gøre opgaveformuleringerne mere problemorienterede (Jensen, 2010); her er det vigtigt at bemærke, at lærere generelt oplever, at det er svært at vurdere elevers arbejde i 'det andet' fag (se også Winsløw, 2012).

En lovende ramme til at operationalisere tværfaglige forløb mellem naturfagene og matematik er beskrevet af Michelsen og kolleger i flere kontekster (Iversen & Michelsen, 2009; Jankvist, Nielsen & Michelsen, 2011; Michelsen, 2005, 2006). I denne ramme fokuseres der på modelleringsprocesser, hvor elever selv er engageret med at udvikle (fx matematiske) modeller af fænomener og processer som det bærende element i samspil mellem matematik og naturfag. Netop modelleringsprocesser kan være en lovende kontekst for tværfaglige forløb, da modelleringsprocesser i udgangspunktet vil aktivere modellerings-, ræsonnements- og repræsentationskompetencer, som både indgår i det matematiske og det naturfaglige/-videnskabelige kompetencespektrum. Nøglen i Michelsen og kollegers ramme er at designe tværfaglige forløb rundt om to akser inspireret af matematikdidaktikeren Freudenthals (2006) arbejde: på den ene side en "horisontal sammenkædning af fagene [... hvor] indhold, problemstillinger og handlemåder fra de indgående

fag sammenkædes inden for en velafgrænset kontekst med det formål at engagere eleverne i læringsaktiviteter hvor deres fagoverskridende kompetencer sættes i spil og udvikles”; og på den anden side en ”vertikal strukturering i fagene [... hvor] de i den horisontale sammenkædning af eleverne frembragte konstruktioner i form af begreber, idéer og færdigheder forankres efterfølgende begrebsligt i de enkelte fag gennem vertikal strukturering” (Iversen & Michelsen, 2009, s. 26).

1.3.5. Læring i uformelle miljøer

Forskningen i uformelle læringsmiljøer har overvejende fokuseret på potentialer for at styrke motivationen og interessen hos elever og besøgende i uformelle læringsmiljøer – betragtet bredt som aktiviteter uden for det formelle klasserum såsom feltture, besøg på naturskoler, museer, science-centre osv. (for et overblik se Rennie, 2014). Forskning i eller evaluering af uformelle læringssituationer har sjældent et fagligt læringsperspektiv (Achiam & Nielsen, 2016). I betragtning af hvor meget forskning der bedrives i forhold til uformelle læringssituationer, mangler der derfor systematisk forskning i, hvilke fagspecifikke kompetencer elever kan tilegne sig i uformelle læringsmiljøer – både ved undervisning i disse miljøer og mere eller mindre guidede besøg. En vigtig pointe her er dog, at ophold i uformelle læringsmiljøer ofte er så kortvarige, at det er problematisk at undersøge et decideret læringsudbytte af selve besøget (Rennie, 2014):

- Tiden, der bruges i uformelle læringssituationer, skal sættes ind i en større undervisningsmæssig sammenhæng, og her er læreren den vigtigste aktør i forhold til at bygge bro mellem besøg og den bredere faglige undervisning. Fx konkluderede Hyllested (2007a, 2007b), at besøg på naturskoler kan være en ramme for faglig undervisning af høj kvalitet og kan understøtte lærere og elevers udvikling, men at besøgene ikke er fremmende for læringen i sig selv uden lærerens rammesætning af dem.
- Elevers tilegnelse af autentiske naturfaglige/-videnskabelige arbejdspraksisser kan understøttes af undervisning uden for klasserummet. Fx kan fagligt rammesatte feltture danne en mere vedholdende praksisforståelse (fx Frøyland, Remmen & Sørvik, 2016); og fagligt rammesat arbejde med autentiske genstande på et museum kan danne ramme for tilegnelse af autentiske praksisser (Achiam, Simony & Lindow, 2016).
- Udstillinger, genstande og materialer i uformelle læringsmiljøer skal designes med eksplicit henblik på at fordre besøgendes læring. Fx skal udstillingsdesignere være opmærksomme på, præcis hvilket fagligt indhold det er meningen, de besøgende skal tilegne sig, og hvordan dette indhold rekonstrueres i udstillingen (Mortensen, 2011; Rennie, 2014).

1.4. Viden om undervisning mod specifikke mål/kompetencer

1.4.1. Baggrund: kompetenceorientering

Inden for uddannelsesområdet er der i løbet af de seneste årtier opstået et stigende behov for at kunne beskrive elevers tilegnede færdigheder, viden og evner med et begreb, som formår at indfange de komplekse situationer, vi møder i arbejds-, samfunds- og privatlivet.

Kompetencebegrebet er et sådant begreb, og uddannelsesmål samt andre former for udviklingsprocesser beskrives i dag i dominerende grad i kompetencetermer. Begrebet er således blevet et led i en omformning af uddannelsessystemet (Dolin, Krogh & Troelsen, 2003).

I Danmark introduceres kompetencebegrebet som et almindeligt begreb omkring år 1990 og introduceres som et fagdidaktisk begreb omkring år 2000, idet det målsætter elevers beherskelse af et fag i stedet for reproduktion, og da det kan integrere fags kernemål på langs og på tværs i uddannelsessystemet (KOM-projektet, 2002; Elmoose, 2005). I uddannelsesregi anbefales der med rapporten 'Fremtidens Naturfaglige Uddannelser' (2003), at naturfagene udvikles og beskrives progressivt gennem hele systemet, og at naturfagene kompetencemålsættes.

Kompetencebegrebet har siden midten af 1990'erne været anvendt i en bred vifte af sammenhænge og foreligger i dag uden en egentlig endelig fasttømret definition (Elmoose, 2005). Dog vokser der overordnet en række fælles træk ud af diverse forsøg på at definere og præcisere kompetencebegrebet: i) Kompetencer er knyttet til handling, ii) kompetencer kræver et personligt valg, der træffes på baggrund af viden, iii) kompetencer kan ikke fuldt udfoldes i træningssituationer, men trænes i praksis- eller problemstillingssituationer, og iv) kompetencer spiller sammen, når en person udfører handlinger i praksissituationer (se fx Dolin, Krogh & Troelsen, 2003; Sjøberg, 2012; DeSeCo, 2009; Kauertz, 2012; Illeris, 2015; Arbejdsgruppen bag KOM-projektet, 2002). Internationalt har OECD arbejdet med at udvikle et sæt af kompetencer, som skal dække menneskets nødvendige 'livsfærdigheder', og iflg. DeSeCo-udvalget omfatter kompetencebegrebet såvel viden, færdigheder, strategier og rutiner som egnede følelser og holdninger samt effektiv selvstyring af disse kompetencer (Rychen & Salganik, 2001). I en dansk kontekst har UVM opstillet en såkaldt kvalifikationsramme, hvor der skelnes imellem viden, færdigheder og kompetencer. Kompetencer omfatter brug af viden og færdigheder (personligt, socialt og metodisk), herunder kompetencen til at kunne reflektere over viden og færdigheder (UVM, 2010).

Nationalt såvel som internationalt er der således sket et skift i målkravene; i stedet for at fokusere på konkret viden og omfattende indholdsbeskrivelser ser vi i dag et fokus på *at kunne sætte viden i spil i konkrete situationer*, således at kompetencerne ses som almene, sociale og personlige egenskaber. Kompetencer ansues som basis for livslang læring (Busch, Horst & Troelsen, 2003; Ropohl, Nielsen & Rönnebeck, i review). Dette skift skyldes ifølge Dolin (2014), at den foranderlige verden, hvor intet er givet, stiller nye krav og har gjort det vanskeligt at præcisere den viden, der er nødvendig bare på kort sigt, og derfor er det naturligt at lægge mere vægt på de generelle træk ved fagene og på kompetencer frem for på færdigheder. Ifølge Elmoose (2005) er det

naturfaglige kompetencebegrebs styrke, at det kan fungere som retningsvisende for lærere og elever i forhold til essensen af naturfaglig kunnen og viden.

Selvom kompetencebegrebet har været toneangivende i omkring 20 år, er der stadig en række fundamentale udfordringer i forhold til kompetenceorienteret undervisning:

- Selvom teoretikere har behandlet kompetencebegrebet indgående, er det stadig et begreb, der i bedste fald har mange facetter og i værste fald er rodet. Fx er der ikke enighed om, hvorvidt kompetencer i første omgang skal betragtes som en persons manifesterede handlinger eller som personens bagvedliggende kognitive og affektive dispositioner (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015; Koeppen, Hartig, Klieme & Leutner, 2008). Sådanne grundlæggende teoretiske uoverensstemmelser vil alt andet lige gøre det sværere at skabe overordnede rammer for og et fælles sprog om kompetenceorienteret undervisning.
- De fleste kompetencebeskrivelser er forholdsvist generelle. En kompetence må derfor operationaliseres til mindre enheder, for at lærere kan designe undervisning, der fremmer kompetencen, og frem for alt, for at læreren kan evaluere (formativt såvel som summativt) elevers kompetencetilegnelse (Nielsen & Dolin, 2016). Men ofte operationaliseres kompetencer ikke godt nok. Der er generelle indikationer på, at lærere ofte blander forskellige tegn på læring sammen i vurderingen af elevens kompetencetilegnelse (se fx McMillan, Myran & Workman, 2002); når kompetencemål operationaliseres, kan der være en tendens til, at kompetencer nedbrydes til alt for specifikke delelementer, og derved udvandes kompetencebegrebet til en serie af rudimentære færdigheder (se fx D.R. Sadler, 2013; Torrance, 2007).
- På trods af at kompetencer har spillet en tydelig fagdidaktisk rolle i Danmark siden 2000, er der stadig en omvæltning og tidskrævende for lærere at skulle operere med naturfaglige og matematiske kompetencer frem for en pensumorienteret tilgang (Dolin, 2016; R. Hansen, 2016). Forskning indikerer dog, at når lærere (generelt i alle fag, men specifikt for naturfags- og matematiklærere) arbejder fokuseret med kompetenceorientering af deres undervisning, kan det hjælpe til, at undervisningen fokuseres, og elever inddrages med et medansvar for deres læring; endvidere kan arbejdet med at designe undervisning på en kompetenceorienteret måde være fremmende for læreres professionelle udvikling (Nielsen, 2015b; Sølberg, Bundsgaard & Højgaard, 2015).

1.4.2. *Scientific Literacy* og naturfaglig dannelse

Scientific literacy er et væsentligt begrebsapparat, der oprinder i den angelsaksiske naturfagsdidaktik, men som har været og stadig er toneangivende på internationalt plan, herunder i Danmark (for et begrebsligt overblik se Laugksch, 2000). En typisk definition på *scientific literacy* er ”viden og forståelse, som er nødvendig for personlig stillingtagen, deltagelse i samfundsmæssige og kulturelle

forhold og for økonomisk produktivitet” (NRC 1996, s. 22; citeret og oversat i Dolin, Jacobsen, Jensen & Johannsen, 2016), og som et overordnet læringsmål er dette typisk operationaliseret i følgende dimensioner (AAAS, 1995; oversat i Dolin et al., 2016):

- at være fortrolig med den naturbundne verden og forstå både dens mangfoldighed og dens helhed
- at forstå nogle af de vigtige måder, hvorpå naturvidenskab, matematik og teknologi afhænger af hinanden
- at forstå naturvidenskabens nøglebegreber og principper
- at have evne for naturvidenskabelig tænkemåde
- at forstå, at naturvidenskab, matematik og teknologi er menneskeskabte projekter; og have forståelse for, hvad det betyder for deres styrker og begrænsninger
- at kunne anvende naturvidenskabelig viden og tænkemåder til individuelle og samfundsrelaterede formål.

Fra et pædagogisk/didaktisk perspektiv er pointen i det centraleuropæiske dannelsesbegreb, at den enkelte gennem arbejdet med faget gør faget til en del af sin person og derved danner sig ved hjælp af faget, således at fagets objektive elementer transformeres til personlige egenskaber. Dannelse adskiller sig således fra *scientific literacy* ved at tilføje en personlighedsdimension, der nærmer sig et identitetstræk. I et forsøg på at definere et naturvidenskabeligt almindelsesbegreb, der trækker på såvel centraleuropæiske som angelsaksiske traditioner, foreslår Dolin og kolleger (2017) følgende dimensioner af naturvidenskabelig almindelse:

- *Viden* (om natur og -videnskab; om naturvidenskabens værdi og funktion; om begreber og metoder, færdigheder og kompetencer)
- *Perspektiv* (faginternt og -eksternt; til andre eller alle af fagets forhold; til og overskridende fagets grænser; historisk og til det samtidigt samfundsmæssigt relevante såvel som det fremtidigt fordrende)
- *Personlighed* (kendetegnet ved en vilje til at opsøge, forholde sig til og bruge viden – identitetsdrivende, -overvindende og -overkommende, kritisk reflekterende, aktivt deltagende og adfærdsvejledende).

Dolin og kolleger (2017) foreslår desuden, at disse dimensioner operationaliseres i en række aspekter, der sammenfattende kendetegner det naturvidenskabeligt dannede menneske:

- ”... har naturvidenskabelig viden i bred forstand: Man har både viden om det naturvidenskabelige indhold og færdighed i naturvidenskabelige metoder.
- ... har en fornemmelse for naturvidenskabernes historie: Man har en forståelse for, at viden ikke er en statisk størrelse, men at den udvikles løbende og bidrager til den samfundsmæssige, kulturelle og teknologiske udvikling.

- ... er kritisk: Man kender naturfagernes begrænsninger og muligheder (virkeområder, relevansområder), og man kan derfor se fagene i forhold til andre fagområder. Man kan trække på og argumentere for brugen af forskellig faglig viden i en given problemstilling.
- ... har selvforståelse: Man forholder sig til, hvilken rolle man spiller i verden, og hvordan den verden, man er del af, har betydning for, hvem man er.
- ... forholder sig personligt: Man tænker på naturvidenskab som vedkommende og relevant, og man kan give et bud på, hvorfor 'et stykke naturvidenskabelig viden' er meningsfuldt.
- udvikler sig som menneske: Man bruger naturvidenskabelige fag til at udvide sin horisont med, til at tage stilling og danne meninger med, og i sidste ende til at sikre, at man kan agere med myndighed".

Forsøg (på makro- såvel som på mikroniveau) på at rammesætte undervisning til at fremme naturvidenskabelig almendannelse og *scientific literacy* møder en række udfordringer:

- Der har i praksis vist sig at være et skisma mellem det, der efter Roberts (2007) kaldes Vision I *scientific literacy* – der dækker over en dekontekstualiseret undervisning af naturvidenskabeligt indhold ofte med det formål at lede elever ind i fremtidige naturvidenskabelige karrierebaner – og Vision II *scientific literacy* – der dækker over en stærk kontekstualisering af naturvidenskabeligt indhold med det formål at kultivere elever til at kunne indgå som naturvidenskabeligt dannede borgere lokalt, nationalt og globalt. Der er rig evidens for, at når Vision I omsættes i undervisning, leder det ikke til substantiel læring af de mål, der ofte associeres med *scientific literacy* (se ovenstående) (Aikenhead, 2007); den måde, *scientific literacy* ofte evalueres på – fx i PISA – ser dog ud til at fremme Vision I som den gennemgående vision for *scientific literacy* i et uddannelsessystem (Orpwood, 2007).
- Undervisning, der fremmer *scientific literacy*, kræver i mange tilfælde stadig en substantiel transformering af traditionel pensumorienterede skolepraksisser – hvor den dominerende pædagogiske tilgang er kendetegnet ved, at lærere docerer viden frem for at fostre elevernes meningsfulde diskursive interaktion med stoffet (Bartholomew, Osborne & Ratcliffe, 2004; Lemke, 1990; Osborne, 2007a).
- En særlig udfordring knytter sig til undervisning rettet mod naturvidenskabelig almendannelse. Selvom danske lærere i de naturvidenskabelige fag i gymnasiet fx mener, at dannelse er en vigtig dimension af naturvidenskabelig undervisning, oplever de ofte, at den er svær at inddrage i undervisningen, fordi den ikke direkte evalueres (Dolin et al., 2016).
- Der er fra et såvel teoretisk som praktisk perspektiv udfordringer forbundet med at finde en legitim status til personlighedsdimensionen af naturvidenskabelig dannelse i undervisningen. En række aspekter af personlighedsdimensionen er ikke bare svære at indfange i evaluering, men bør måske endda slet ikke være genstand for evaluering i en uddannelsesmæssig kontekst. Problemet her vil være at finde og give rum til sådanne aspekter i undervisningen, også selvom der ikke evalueres på dem (Dolin et al., 2016).

- Resultater fra PISA 2015 (der er designet til at teste elevers *scientific literacy*, se afsnit 1.5.2) indikerer, at understøttelsen af *scientific literacy* kræver klare strategier, som kan samle aktører i uddannelsesfeltet (især i forhold til at fremme elevers præstation og retfærdig behandling på tværs af ophav, køn og socioøkonomisk status), omhyggeligt beskrive og konsistente læringsmål på tværs af de enkelte klasserum, kapacitetsopbygning blandt lærere og ledere, at skoler har ligeværdig adgang til ressourcer samt specielle politikker, der tilgodeser elever og skoler i risikogrupper (OECD, 2016).

1.4.3. Sociovidenskabelige problemstillinger

Scientific literacy og naturvidenskabelig almindelse er i mange sammenhænge blevet operationaliseret i termer af sociovidenskabelige problemstillinger – *socioscientific issues* (SSI) (for et internationalt overblik se Zeidler, 2014).

Her arbejder elever (grundskole og opefter) typisk med væsentlige problemstillinger fra samfundet, som har en tydelig relation til et naturvidenskabeligt eller teknologisk indhold. Et eksempel på sådan en problemstilling kunne være: ”Skal vi tillade genterapi på mennesker?”. Ved at diskutere konkrete sociovidenskabelige problemstillinger i undervisningen kan elever udvikle kompetencen til at træffe fagligt informerede beslutninger om verserende samfundsforhold og derigennem som fremtidig samfundsborger at kunne navigere i og samtidig påvirke et samfund, der i større og større grad præges af naturvidenskab og teknologi (for en oversigt se Eilks, Nielsen & Hofstein, 2014; Kolstø, 2001a; Nielsen, 2012b), herunder:

- overordnede kompetencer i forhold til argumentation og beslutningstagen
- interesse for og forståelse for naturfaglig undervisning generelt
- en dybere forståelse af den tentative status af state of the art naturvidenskabelig forskning (fx klimamodeller).

Men implementeringen af SSI-undervisning med høj kvalitet møder typisk en række udfordringer:

- Elevers diskussioner af sociovidenskabelige problemstillinger vil typisk blive en meget kompleks blanding af faktuelle og værdimæssige udsagn. Dette gør det svært for lærere, og forskere, at vurdere kvaliteten af diskussioner på stående fod i undervisningen (Christenson, Chang Rundgren & Höglund, 2012; Kolstø, 2006; Kolstø et al., 2006; Lindahl & Linder, 2013; Lindahl & Lundin, 2016; Lundström, Ekborg & Ideland, 2012; Nielsen, 2011, 2012a, 2012c, 2013a, 2013b).
- Naturfaglige lærere er ofte ikke klædt godt nok på til at rammesætte og evaluere elevers arbejde i SSI-undervisning, fordi der ofte må inddrages kompleks information fra andre fagfelter – fx samfundsvidenskabelig og humanistisk viden og tilgange (Christenson & Chang Rundgren, 2015; Orlander Arvola & Lundegård, 2011; Simonneaux, 2014). I den

forbindelse skal elever kunne støttes til at forholde sig kritisk til ophavet af specifikke informationer, som indgår i SSI-beslutningstagen (Kolstø, 2001b).

- Selvom fagbeskrivelser og læringsmål i bekendtgørelser (fx på det gymnasiale område) rummer tydelige SSI-elementer, ser det ud til, at implementeringen af SSI-undervisning ofte har et så kraftigt fokus på det naturfaglige/-videnskabelige indhold, at det kan undergrave de diskursive og beslutningsmæssige læringsmål, der med fordel kunne ligge i SSI-undervisning (Barrett & Nieswandt, 2010; Levinson & Turner, 2001; Millar & Osborne, 1998; Tidemand & Nielsen, 2016).

Forskning i SSI-undervisning har været massiv i Norden og afspejler vigtigheden af SSI i det internationale forskningsfelt. Et gennemgående træk er dog, at forskningen ofte er mindre case-studier. Der mangler fx flere større undersøgelser af naturfagslærere generelt (i stil med Tidemand & Nielsen, 2016, som undersøgte biologilærere). Generelt mangler der viden om SSI-undervisning i udskolingen og i de erhvervsrettede ungdomsuddannelser (hvor SSI dog ikke eksplicit synes at være en del af læringsmålene). Ejby-Ernsts (2012b) undersøgelse af praksisberetninger fra 500 børnehavepædagoger viste, at ”pædagogerne ikke inddrager langsigtede samfundsmæssige refleksioner i deres didaktiske tænkning” – et faktum, som resonerer med forskningen i gymnasielæreres SSI-praksis. På lignende vis har også børn i dagtilbud en tendens til at udlede værdiudsagn fra en utilstrækkelig baggrund bestående af faktuelle informationer (Hedefalk, Almqvist & Lidar, 2014).

1.4.4. Teknologi-, *engineering*- og designundervisning (TED)¹²

I den internationale litteratur bruges begreber som *technology*, *engineering* og *design education* (TED) ofte flertydigt (Sherman, Sanders & Kwon, 2010). I denne kontekst bruges TED-undervisning som en paraplybetegnelse for undervisning, der angår kritisk evaluering og bearbejdning af teknologi og teknologiens rolle i samfundet samt eventuelt forsøg på at forbedre teknologier gennem design- og redesignprocesser (Benenson & Piggott, 2002). Det er vigtigt at understrege, at vi her alene taler om dagtilbuds-, grundskole- og ungdomsuddannelsesniveau; det vil sige *ikke* om undervisning på videregående teknologi-, ingeniør- og designuddannelser. På den måde dækker TED-undervisning over såvel undervisning i teknologifag (fx htx i Danmark) som forløb i naturfags- og matematikundervisningen, der relaterer sig til teknologi-, ingeniør- og designvidenskabelige kontekster, problemer, arbejdsmåder og indhold generelt.

I en dansk sammenhæng er *engineering* den mindst kendte ingrediens i STEM, derfor er der i det følgende fokus på *engineering*, og der bruges lidt ekstra plads på at udfolde dette potentielle indholdsområde i læringsaktiviteter for lærere fremadrettet. *Engineering* som en praksis i undervisningen handler om, hvordan eleverne skaber praktiske løsninger på praktiske problemer.

¹² Skrevet i samarbejde med Birgitte Lund Nielsen og Keld Nielsen.

Hvordan indkredser man et problem? Hvordan kommer man frem til et godt design? Hvordan vurderer man, om en løsning er 'god', og om den kan/bør gøres bedre?

TED-undervisning generelt og især *engineering* og design kan ofte sammenlignes med cykliske UBNU-forløb (se afsnit 1.3.2); men ifølge Cunningham og Carlsen (2014) er der væsentlige forskelle mellem 'rene' naturfaglige/-videnskabelige undersøgelsesprocesser og typiske processer i TED-undervisning: UBNU-processer vil ofte have fokus på de spørgsmål, der stilles (som åbner for en undersøgelsesproces), mens *engineering*-/designprocesser typisk har fokus på at udvikle løsningsforslag. *Engineering*-/designprocesser vil være multiiterative igennem en iterativ analysefase; mens modeller primært informerer UBNU-processer, er modeller typisk et resultat af analyse og undersøgelse i *engineering*-/designprocesser.

TED-undervisning – såvel som undervisning i et selvstændigt fagområde som forløb i naturfag og matematik – har tydeligvis en række pædagogiske-didaktiske potentialer:

- Frem for alt lægger TED-undervisning naturligt op til pædagogiske tilgange, som i mange sammenhænge ser ud til at være læringsfremmende – fx problembaseret læring (Kolmos, 2016).
- *Engineering*-problemer kan udformes, så de er udfordrende for eleverne og læringsmæssigt produktive, men alligevel er tilgængelige for faglige novicer (Levy, 2013).
- *Engineering*-aktiviteter kan understøtte elevernes arbejde med modeller og modellering. I naturfagene bruges modeller oftest til at udvikle og forfine forklaringer på (natur)fænomener. I *engineering* kan de understøtte forståelsen af designparametre (herunder 'constraints') og bruges til at finde årsager til fejl og løsninger og til at fremme designprocesser (NCR, 2012; Penner, Lehrer & Schauble, 1998). Eleverne kan i *engineering*-modeller bruge fysiske genstande og materialer og derved eksternalisere aspekter af et komplekst problem, så det bliver konkret. Modeller kan bruges af eleverne til at vurdere deres egne idéer og deres egen forståelse, og læreren kan bruge modeller som udgangspunkt for en evaluering af undervisningen (NCR, 2012). Tegninger og andre visuelle modeller kan indgå (Fleer, 2000; Anning, 1997).
- Undervisningsforløb, hvor der indgik 'systems design' i forbindelse med undervisning i elektriske kredsløb, støttede elevernes forståelse af naturfaglige begreber som spænding, strøm og modstand bedre end mere traditionel undersøgende undervisning. Særlig interessant er det, at en gruppe afroamerikanske elever, der ellers viste indlæringsproblemer, performede godt (Mehalik, Doppelt & Schunn, 2008).
- *Engineering*-undervisning kan tilrettelægges, så problemer, undersøgelser og design har sociale aspekter, fx gennem opgaver, hvor eleverne skal designe og fremstille løsninger på menneskelige dagligdags problemer. Denne type problemstillinger kan virke motiverende på piger, der er interesserede i sociale problemer og karriere (Jones, Howe & Rua, 2000; Miller, Blessing & Schwartz, 2006). Designaktiviteter kan virke motiverende på elever og mindske fravær fra science-undervisning (Barnett, 2005; Carlsen, 1998).

- Når elever løser opgaver, der er rettet mod 'brugere', vil løsning af en opgave ofte inkludere overvejelser af sociale kriterier som etik eller økonomi. Diskussioner af brugerrettede designløsninger fremmer elevernes villighed til at lære af hinanden og til at inddrage skole-eksterne perspektiver i deres diskussioner (Brophy, Klein, Portsmore & Rogers, 2008; Fortus, Dershimer, Krajcik, Marx & Mamlok-Naaman, 2004).
- Konkrete opgaver med konkrete løsninger kan føre til, at elever tager kraftigt ejerskab til både produkt, proces, dataindsamling og -fortolkning. Elever, som i øvrigt oplever vanskeligheder ved skolen og mere traditionel undervisning, får mulighed for at udvikle nye (skole)identiteter som kompetente og vidende aktører (O'Neill, 2010; O'Neill & Calabrese Barton, 2005; Engle & Conant, 2002; Roth & Lee, 2007).
- Undervisning i *engineering* kan trække på aspekter – som fx optimering af design – ved *engineering*-processer, som fremmer overgangen fra *engineering* til science for eleverne. Det kan føre til en bedre forståelse af videnskabelige begreber og kan medvirke til at mindske forskelle i testresultater for grupper som piger eller elever med dårlig socioøkonomisk baggrund (Fortus, Dershimer, Krajcik, Marx & Mamlok-Naaman, 2004; Kolodner, 2002).
- Når naturfagslærere og teknologilærere arbejder sammen i forbindelse med deres efteruddannelse, bliver de mere aktive i udvikling og forbedring af egen undervisning (Lavonen et al., 2000).
- Der er åbenlyse sammenhænge mellem TED-undervisning og SSI-undervisning (for beskrivelse af SSI-undervisning se afsnit 1.4.3) i den forstand, at TED-undervisning ofte intenderer at udvikle elevers evne til kritisk at tematisere teknologiens rolle i samfundet (Jones, Bunting & de Vries, 2013), og netop teknologiske emner (fx gentterapi) kan være en vigtig drivkraft for SSI-undervisning i de eksisterende naturfag (Hodson, 2009).

Forskningen på området indikerer en række udfordringer i forbindelse med implementering af TED-undervisning:

- Der er eksempler på, at *engineering*-projekter ikke fører til bedre læring i science, dels fordi der tages tid fra anden undervisning, dels fordi det er en risiko, at eleverne ikke får underbygget deres forståelse af de involverede science-begreber (Barnett, 2005).
- TED-undervisning bruges på den ene side ofte til at udpege *en bestemt måde at arbejde på*; og det, der typisk udpeges, er forløb, hvor elever laver praktisk (design)arbejde, udbygger deres forståelse af (en teknisk/teknologisk beriget) verden og tematiserer autentiske teknologiske forhold og problemstillinger (se fx Stables, 1997). På den anden side kan TED-undervisning også bruges til at udpege *bestemte læringsmål*, der ofte stipulerer, at eleven skal udvikle sin tekniske/teknologiske viden og forståelse for samspillet mellem teknologi og samfundet (se fx Bybee, 2010). Denne flertydighed gør det svært at betragte TED-undervisning som et homogent genstandsfelt for forskning. Man kan argumentere for, at den manglende fælles forståelse af, hvad TED-undervisning dækker over, har ledt til, at det konkrete TED-forløb manifesterer sig på mange måder og ofte ikke nødvendigvis svarer

overens med eksisterende uddannelsespolitiske intentioner på området (Sherman et al., 2010).

- I forlængelse af det ovenstående er det centralt at understrege, at det er veldokumenteret, at lærere, der implementerer TED-undervisning, ofte selv oversætter og rammesætter formål og arbejdsformer i TED-undervisningen, uafhængigt af hvad der måtte stå i læreplanen (se fx Bungum, 2006). Et lignende billede tegner sig af pædagoger i dagtilbuds forståelse af målsætninger om, at børn skal lære om teknologi. Fx oversatte de fleste pædagoger i en svensk undersøgelse (Sundqvist, 2016) relativt frit eksisterende aktiviteter, der involverer artefakter – såsom at lære at håndtere en lynlås – som teknologiundervisning. Selvom Sundqvist (2016) fandt, at nogle pædagoger forstod teknologiundervisning på en mere omfattende måde – fx ved at tematisere, hvor drikkevand tappes fra og renses – er hendes konklusion, at det pædagogiske personales egne teknologikompetencer må styrkes, for at teknologiundervisningen i dagtilbud kan styrkes. På lignende vis konkluderer en del international forskning, at det er vigtigt, at lærerkræfterne udvikler deres teknologiforståelse (Cowie, Moreland, Jones & Otrell-Cass, 2008; Jones et al., 2013).
- Der er indikationer på, at der er udfordringer forbundet med at integrere teknologi-/designemner og naturfag/-videnskab på en måde, hvor både TED-undervisning og naturfaglig undervisning tilgodeses til fulde (Zubrowski, 2002). Frem for alt kan det være en udfordring, at nogle naturfags- og matematiklærere, der bliver bedt om at inddrage teknologiemner i deres fag, har en begrænset baggrund i TED-undervisning og i nogle tilfælde kun begrænset interesse for at inddrage sådanne emner i deres faglige undervisning (Ginns, Norton, McRobbie & Davis, 2007; Jones, Harlow & Cowie, 2004; Sherman et al., 2010). Det synes at være et generelt problem, at mange konkrete TED-undervisningsforløb har en ringe kobling til naturfagene/-videnskaberne eller matematik i den forstand, at det naturfaglige/-videnskabelige indhold er et kunstigt add-on, der åbenlyst ikke spiller nogen anden rolle end at tjene et curriculum (Vries, Gumaelius & Skogh, 2016).

En stor del af STEM-litteraturen fokuserer primært på naturfags- og matematikundervisning og kun *en passant* på teknologi- og ingeniøraspekterne i STEM-akronymet (Bybee, 2010); og en stor del af den litteratur, der eksplicit fokuserer på teknik, *engineering* og teknologi (fra dagtilbud til og med ungdomsuddannelserne), fokuserer meget på styrkelsen af elevers interesse og uddannelsesvalg (T. Broch & N. Egelund, 2001; Caspersen, 2012; Danmarks Evalueringsinstitut, 2001; Holmegaard, Madsen & Ulriksen, 2014; C. Jensen, 2006; Mammes, 2004; Mettas & Constantinou, 2008; P.M. Sadler, Sonnert, Hazari & Tai, 2012; Weber & Custer, 2005). Elevers interesse og til-/fravalg dækkes også i afsnit 3 og 4. Der mangler markant forskning i, hvordan kommende lærere bedst uddannes til at inddrage TED-forløb i deres undervisning (Vries et al., 2016).

Et fremtidigt fokus i Danmark på STEM-fagene og deres integration vil være udfordret på en række områder:

- Vi har ikke nogen stærk tradition for samarbejde mellem de tre naturfag i folkeskolens overbygning, ej heller mellem de fire naturfag i gymnasiet.

- Der er heller ikke nogen stærk tradition for samarbejde mellem matematik og naturfagene.
- Vi har ikke noget fag eller nogen faglig tradition for *engineering*. Faget indgår ikke i nogen af de eksisterende læreruddannelser (hvis man ser bort fra rekrutteringen af ingeniører til htx).
- Vi får også et sprogligt problem. Vi har teknologifag i 1.-6. klasse, i 10. klasse og i htx. Men store dele af det, der foregår i disse fag, kan bedst karakteriseres som *engineering*, så hvis STEM-betegnelsen skal give mening, burde 'natur/teknologi' hedde 'natur/teknologi/*engineering*', og fagene 'teknologiværksted' og 'teknologi & kommunikation' burde hedde noget med *engineering*.
- Ordet teknologi som betegnelse for et fag må så omkalfatres, så det betyder nogenlunde det samme som teknologi/teknik/technology i andre landes læseplaner, nemlig et overvejende humanistisk fag med vægt på STS-temaer som samspil mellem samfund og teknik, forudsætninger for teknologisk udvikling, konsekvenser af teknologisk udvikling, teknologivurdering, bæredygtighed og teknologiens historie.

1.4.5. Innovationskompetence

De seneste år har der været et stigende fokus på, at uddannelsessystemer generelt og fag specifikt skal understøtte elevers tilegnelse af innovationskompetence (EU-kommissionen, 2010; OECD, 2010; Regeringen, 2012, 2016; Trilling & Fadel, 2009; White House, 2011). I Danmark ses dette tydeligt i de 'nye Fælles Mål' (Undervisningsministeriet, 2015), i gymnasiebekendtgørelserne (fx Undervisningsministeriet, 2013) og i erhvervsuddannelsesloven (Ministeriet for Børn, Undervisning og Ligestilling, 2016). Senest er det blevet understreget, at tilegnelsen af innovationskompetence skal være et eksplicit fokuspunkt for de fremtidige gymnasiale uddannelser: "Eleverne skal lære at anvende deres fag til at undersøge og løse konkrete problemer. De innovative kompetencer skal både prioriteres i de enkelte fag og i faglige samspil. Desuden skal innovation tænkes ind i gymnasiets prøver" (Regeringen, 2016, s. 24).

Fokus her er på *innovationskompetence* forstået som et konstrukt, som elever kan tilegne sig – og ikke på innovation som sådan. Alligevel er det vigtigt at påpege, at ordet 'innovation' er et begreb, der anvendes flertydigt i både offentlige diskurser og i forskningskredse (Fagerberg, 2006). Frem for alt bruges innovation ofte i en markedsorienteret og merkantil forstand – og nærmest synonymt med entreprenørskab; og denne brug har med rette ledt mange uddannelsesforskere til at opbygge en vis skepsis over begrebets læringsmæssige legitimitet (se fx Nepper Larsen, 2012).

Det begrebslige udredningsarbejde omkring innovationskompetence for især gymnasieområdet har taget afsæt i følgeforskning på to relaterede projekter *Innovationskraft og entreprenørskab på gymnasier i Region Hovedstaden* (T.S. Christensen, Hobel & Paulsen, 2012; Hobel & Christensen, 2012) og efterfølgerprojektet *Gymnasiet tænkt forfra* (se nedenfor). Hobel og T.S. Christensen (2012) argumenterer for, at innovation i en skolekontekst bør defineres som "det at nytænke og

forbedre (altså ikke blot forandre) en eksisterende praksis i verden på etisk forsvarlig måde sammen med aktører berørt af og agerende i denne praksis på baggrund af relevant viden” (s. 57). Med andre ord vil innovationsfremmende undervisning involvere enkelt- eller tværfaglige forløb, hvor elever aktivt arbejder på at anvende deres faglighed(er) på at komme med løsningsforslag til autentiske problemstillinger fra et praksisfelt. Et eksempel kunne være en klasse i gymnasiet, der i biologi og/eller kemi arbejder med en kommunal marinebiolog om at udvikle forslag til, hvordan kvaliteten af det lokale badevand kan forbedres. Der er således tydelige snitflader til anvendelsesorientering generelt (se afsnit 1.2.1), tværfagligt arbejde (se afsnit 1.3.4), UBNU-processer (se afsnit 1.3.2) og *engineering*-/designprocesser (se afsnit 1.4.4).

I forlængelse af Hobel og T.S. Christensens (2012) arbejde har Nielsen (2015a) fulgt og interviewet lærere i projektet *Gymnasiet tænkt forfra* og på den baggrund opstillet en række definerende evalueringskriterier for elevers fagligt funderede innovationskompetence. På baggrund af dette arbejde kan innovationskompetence defineres som *kompetencen til i samarbejde med andre elever og aktører og på baggrund af relevant faglighed at kunne generere ideer til løsninger af en problemstilling fra en eksisterende praksis, at kunne vurdere disse ideer på deres nyttighed, realiserbarhed og potentielle værdiskabelse, at kunne føre udvalgte ideer ud i livet, eventuelt i skitseform, samt at kunne formidle ideer til forskellige aktører* (jf. Nielsen & Holmegaard, 2014).

Danmark ser på stående fod ud til at være forholdsvis langt fremme internationalt set i forhold til at udvikle en didaktisk/pædagogisk forståelsesramme for innovationskompetence som et meningsfuldt læringsmål i en skolekontekst (se fx Nielsen, 2015a; Nielsen & Holmegaard, 2014). Meget af den empirisk funderede viden på området stammer fra følgeforskning på længerevarende og omfattende projekter såsom *ISI (Innovation, Science, Inklusion) 2015* (Sølberg, Waadegaard et al., 2015) på grundskoleområdet og *Gymnasiet tænkt forfra* (Nielsen, 2015b) på gymnasieområdet; og mange erfaringer går igen på tværs af disse projekter:

- Faglærere, der begynder at implementere innovationsfremmende undervisning i deres fag, skal støttes til at identificere, hvad der tæller som legitime tegn på elevers tilegnelse af innovationskompetence. På den måde vil en satsning omkring innovationsfremmende undervisning i en vis grad udfordre den eksisterende faglige forståelse.
- Fagligt funderet innovationsfremmende undervisning kan med tiden gøre den faglige undervisning mere relevant, anvendelsesorienteret og autentisk og dermed stå i kontrast til ’traditionel’ tavleundervisning.
- Innovationsfremmende undervisning kan naturligt inddrage eksterne samarbejdspartnere – fx fra erhvervslivet. Dette samarbejde kan være frugtbart, men vil ikke nødvendigvis fungere af sig selv.
- I *Gymnasiet tænkt forfra* var der indikationer på, at de deltagende elever blev mere mestringsorienterede og udviklede en mere reflektiv tilgang til deres egen læring; baggrunden for dette skal muligvis findes i, at de deltagende lærere brugte anseelige ressourcer på at diskutere det ’nye’ kompetencebegreb indbyrdes og med eleverne (Nielsen, 2015b).

- Gymnasielærere (der ikke nødvendigvis har stor erfaring med innovationsfremmende undervisning) kan pålideligt vurdere elevers fagligt funderede innovationskompetence i eksamenslignende situationer med udgangspunkt i konkrete evalueringsvejledninger (Belova et al., accepteret; Nielsen, 2015c).

Indførelsen af innovationskompetence som læringsmål er stadig relativ ny. Der kan med fordel forskes i, om nyere og kommende reformer (herunder den kommende gymnasieaftale) leder til innovationsfremmende undervisning af høj kvalitet. Derudover er det vigtigt at tematisere, hvilke fag der bedst kan indgå i målet om, at elever tilegner sig innovationskompetence.

1.5. Viden om evaluering af og for læring

Evaluering af og for læring er en af de væsentligste faktorer i og omkring undervisningen, der har indflydelse på elevers læring. I denne kontekst involverer al evaluering indsamling, fortolkning og anvendelse af informationer – fx om en elevs præstation i et fag – med et specifikt formål – fx for at nå til en vurdering af en elevs faglige niveau (Harlen, 2007). Man sonderer overordnet set mellem *formativ* og *summativ* evaluering:

- *Formativ evaluering* – eller evaluering *for* læring – har til formål at understøtte elevens læring. Her indsamles og fortolkes informationer om eleven med henblik på at vurdere, hvor eleven er (i forhold til sin læring), hvor eleven skal hen (hvad er de intenderede læringsmål), og hvordan eleven når i mål med sin læring (strategier til at lukke hullet mellem elevens nuværende niveau og læringsmålene) (Assessment Reform Group, 2002).
- *Summativ evaluering* – eller evaluering *af* læring – har til formål at fastslå elevens læringsniveau til et specifikt tidspunkt. Her indsamles og opsummeres informationer om elevens læring i en afgrænset periode (fx en årskaraktér), eller elevens læring afprøves i en udvalgt situation på et givet tidspunkt (fx en eksamen).

En stor del af den nyere litteratur på området fokuserer på muligheder og udfordringer forbundet med at evaluere elevers kompetencetilegnelse i forhold til mere eller mindre specifikke kompetencer:

- *Scientific literacy* – fx i PISA eller TIMSS (Anker-Hansen, 2015; Anker-Hansen & Andrée, 2015a, 2015b; Dolin & Krogh, 2010, 2011; Kolstø et al., 2006; Serder, 2015; Serder & Ideland, 2016; Serder & Jakobsson, 2015a, 2015b).
- Argumentationskompetence (Christenson & Chang Rundgren, 2015; Kolstø et al., 2006; Nielsen, 2013a, 2013b; Tidemand & Nielsen, 2016).
- Undersøgelseskompetence (for en oversigt se Bernholt, Rönnebeck, Ropohl, Köller & Parchmann, 2013; Dolin, 2016; Nielsen & Dolin, 2016) og innovationskompetence (Nielsen, 2013c, 2015a, 2015c).

- Matematiske kompetencer generelt (Boesen, Lithner & Palm, 2010, 2016; Højgaard, 2009; Jess, 2005) og herunder modelleringskompetence (Blum, Galbraith, Henn & Niss, 2007; Henning & Keune, 2007; Højgaard, 2007).

Et gennemgående tema i forskningen er, at det ikke er trivielt at evaluere på elevers kompetencetil-egnelse – hverken formativt eller summativt. Fx har nylig dansk forskning dokumenteret, at selv erfarne matematik-, teknologi- og naturfagslærere har svært ved at operationalisere kompetencemål til mere målbare evalueringskriterier i et taksonomisk hierarki (Dolin, 2016; Nielsen & Dolin, 2016). Følgeforskningen i projektet *Gymnasiet tænkt forfra* (Nielsen, 2015b) dokumenterede, hvordan et længerevarende fokuseret arbejde i tværfaglige lærerteams på lokale skoler omkring operationalisering af en ny overordnet kompetence (konkret, innovationskompetence) ledte til et stærkt forankret og veloperationaliseret kompetencebegreb blandt både lærere og elever samt en veludviklet formativ og summativ evalueringspraksis. Med andre ord kan et lærersamarbejde, der er fokuseret på at opbygge et fælles sprog omkring en kompetence og gyldige evalueringskriterier for kompetencen, understøtte en højkvalitativ evalueringspraksis i forhold til kompetencen.

1.5.1. Viden om evalueringspraksis

Massiv forskning på området har dokumenteret, at formativ evaluering har en markant og positiv indflydelse på elevers læring (se fx Black, Harrison & Lee, 2004). Dette er også tydeligt ud fra Hatties (2008) og Meyers (2005) toneangivende synteser af empirisk forskning om undervisning og læring (se afsnit 1.3.1 ovenfor). Sikring af, at elever løbende får feedback, er således en af de væsentligste opgaver for ethvert uddannelsessystem. Her er det interessant, at data fra PISA 2015 – hvor eleverne skulle besvare spørgsmål om den feedback, de får – indikerer, at danske elever i mindre grad end OECD-gennemsnittet (og især de norske og islandske elever) oplever at få feedback: ”For eksempel er der i Danmark 15 %, der angiver, at de oplever, at læreren fortæller dem, hvordan han/hun klarer sig i faget, mens der er 20 %, som angiver, at læreren giver råd om, hvordan han/hun når hans/hendes mål for læring” (V.T. Christensen, 2016, s. 157). Interessant er det også, at der overordnet set i PISA 2015 synes at være en negativ og signifikant sammenhæng mellem elevens oplevelse af at få feedback og elevens præstation i testen (også når der korrigeres for socioøkonomisk baggrund); med andre ord: De elever, der oftere oplever at få feedback, klarer sig dårligere i testen end de elever, der i sjældnere grad oplever at få feedback (V.T. Christensen, 2016).

Der er indikationer på, at summativ evaluering i form af en karakter ikke i sig selv er en drivkraft for læring, selv hvis karakteren følges af kvalitativ, fremadskuende feedback (se fx Butler, 1987; Butler, 1988). Den måde, et uddannelsessystem gør brug af summativ evaluering, vil med tiden få afgørende indflydelse på de aktiviteter, der foregår i undervisningen; kort sagt: Med tiden bliver det, der sker i undervisningen, mere og mere tilpasset det, der testes til eksamen (Harlen, 2007; Nordenbo, Allerup, Andersen, Korp & Dolin, 2009). Med andre ord vil eksamensformer, der måler færdigheder på lavere taksonomiske niveauer i stedet for kompetencer, med tiden udvande

fagligheden i undervisningen. Det er en reel udfordring, at en række danske eksaminer – både i matematik og i naturfagene – ikke ser ud til at teste kompetencer på højere taksonomiske niveauer (Dolin, 2016; Elmeskov, Bruun & Nielsen, 2015; Jess, 2005). Der er dog indikationer på, at det er muligt at udvikle eksamensformer, der kan bruges til at vurdere kompetence på højere taksonomiske niveauer – især hvis der foreligger en detaljeret evalueringsvejledning (Nielsen, 2015c).

Det er klart, at ethvert uddannelsessystem har et legitimt krav på at kunne trække data om præstation ud om den enkelte elev eller om grupper af elever. Således er det en væsentlig opgave for et uddannelsessystem at understøtte en balanceret evalueringskultur, hvor behovet for summative data ikke underminerer kvaliteten af den formative evaluering i den daglige undervisning.

Til trods for den voksende forskningsproduktion inden for evaluering er der stadig en række helt centrale underbelyste områder:

- Vi har ikke en dybere forståelse af, hvordan formativ evaluering påvirker elevers læring og motivation – det er fx et åbent spørgsmål, på hvilken måde (hvis overhovedet) der er forskel på den formative evaluering, der kan ligge i den daglige interaktion mellem lærer og elev, og den formative evaluering, der ligger i målrettede evalueringsaktiviteter (McMillan, 2012); frem for alt mangler vi mere viden fra forsøg med stringent at indføre og/eller sammenligne forskellige feedbackformer (Ruiz-Primo & Li, 2012)
- Vi ved generelt lidt om, hvordan lærere bedst (efter-/videre)uddannes i forhold til at forbedre deres formative evalueringspraksis (Andrade, 2012; McMillan, 2012; Schneider & Andrade, 2013); men se dog Nielsen (2015b); på samme måde ved vi generelt lidt om, hvordan elever skal klædes på til optimalt at modtage og konstruktivt bruge feedback (McMillan, 2012).
- Der har i de senere år været et stort fokus på læringsprogressioner som et redskab til at følge og guide elevers læring på et område – især inden for naturfagsdidaktisk forskning (se især Black, Wilson & Yao, 2011; G. Wilson & Herndl, 2007; M. Wilson, 2009), men også inden for matematikdidaktisk forskning (Henning & Keune, 2007). Men det er svært selv for erfarne lærere at operationalisere kompetencer i læringsprogressioner (Dolin, 2016; Nielsen & Dolin, 2016), og det er stadig uklart, om det overhovedet er validt at formulere læringsprogressioner som beskrivelse af typiske læringsbaner (Andrade, 2012).
- Læreres konkrete formative evalueringspraksis i den daglige undervisning er stadig underbelyst. Vi ved således for lidt om, hvordan lærere i det daglige indsamler, fortolker og reagerer på information om elevers læring med henblik på at understøtte elevernes fremtidige læring (Campbell, 2012); og der er endnu ikke udviklet valide instrumenter til at vurdere læreres formative evalueringspraksis i den daglige undervisning (Randel & Clark, 2012).

- Der foreligger kun spredt viden om, hvordan nordiske lærere går til arbejdet med at opsummere elevers præstation – fx i standpunkts- eller årskarakterer (for et internationalt overblik se Brookhart, 2012; Moss, 2012). Analyseresultater fra Danmarks Evalueringsinstitut (EVA, 2016) og nylige kvalitative undersøgelser af erfarne læreres praksis (naturfag, teknologi og matematik) (Dolin, 2016; Nielsen & Dolin, 2016) indikerer, at karaktergivning i danske gymnasier i høj grad er en individuel praksis, at den ikke altid er transparent for eleverne, at de opsummerende karakterer ofte bruges som pædagogiske redskaber, samt at nogle lærere i de naturvidenskabelige fag og matematik kan operationalisere denne karaktergivning ved at teste elever.

1.5.2. Internationale storskalaevalueringer (PISA og TIMMS)

En række analyser af PISA 2000-, PISA 2003- og TIMMS 1995-besvarelser giver grund til at betragte de nordiske lande (eller i nogle tilfælde Nordvesteuropa) som en klynge af lande, der på nogle punkter ligner hinanden (fx Grønmo, Kjærnsli & Lie, 2004; Kjærnsli & Lie, 2004). Fx er der tendenser til, at elever på tværs af de nordiske lande scorer højt på PISA 2003-spørgsmål, der kræver læsning og fortolkning af et tekstmateriale (Olsen, 2005). På trods af de (mere eller mindre svage) indikationer på et specielt nordisk præstationsmønster i PISA og TIMMS er det væsentligt at påpege, at Danmark på en række punkter adskiller sig fra andre nordiske lande. Fx var der i PISA 2003 relativt større kønsforskelle (med fordel til drenge) i de naturfaglige dele af testen end i de andre nordiske lande, og både PISA- og TIMMS-resultater indikerer, at danske elever i modsætning til elever fra andre nordiske lande klarer sig bedre inden for matematik end inden for naturfag (Kjærnsli & Lie, 2004).

Såvel på nordisk som på internationalt plan har Finland nydt opmærksomhed på baggrund af mere eller mindre konsekvente placeringer i toppen af de internationale ranglister og frem for alt i PISA-scores. En række mulige faktorer har været nævnt som udslagsgivende for finske elevers præstationer i disse tests – ofte fremhæves finske læreres stærke uddannelsesbaggrund (Lavonen & Juuti, 2012), lærergerningens gode omdømme og læreres vide muligheder for at have indflydelse på arbejdsrammerne (Niemi & Toom, 2012), eller at finsk naturfagsundervisning ofte involverer demonstrationsforsøg og praktisk arbejde (Lavonen & Laaksonen, 2009). Geller, Neumann, Boone og Fischer (2014) har opstillet et PISA-lignende længdesnitsstudie, der sammenlignede finske, tyske og schweiziske grundskoleelevers læring omkring elektricitet i en halvårlig periode. Forsøget indikerer, at finske elever lærte mere om emnet (i den forstand, at de gik fra at besidde isolerede bidder af viden til en højere taksonomisk relationel viden) end de tyske og schweiziske elever (de tyske elever så slet ikke ud til at lære noget); men samtidig, at denne effekt kan forklares ved, at hvor læringen blandt de tyske og schweiziske elever var meget heterogen på tværs af klasser, var den meget homogen på tværs af finske klasser (Geller, Neumann, Boone & Fischer, 2014). Men det synes klart, at der må være tale om en relativt kompleks samling af gensidigt relaterede faktorer (Simola, 2005; Välijärvi et al., 2007).

I det, der må betegnes som den mest dybdegående danske undersøgelse af PISA-testens validitet, konkluderede Dolin og Krogh (2011), at der er markante begrænsninger ved PISA 2006-testens naturfaglige del. Dolin og Krogh gentestede 120 danske elever, der scorede omkring 25 % højere inden for et mere sociokulturelt orienteret testregime (samme faglige indhold og samme vurderingskriterier), end de gjorde i PISA-testen; den nye testsituation viste dog, at eleverne besad en relativt lille faktisk viden inden for de relevante områder af Fælles Mål og var i ringe grad i stand til at bruge fagsprog (ud over på et rent basalt niveau). Der er således dokumentation for, at resultater fra storskalatests, såsom PISA, er relative og ikke i sig selv retvisende for elevers færdigheder og kompetencer. (For lignende større analyser af PISA-resultater henvises der til Anker-Hansen, 2015; Anker-Hansen & Andrée, 2015a, 2015b; Serder, 2015; Serder & Ideland, 2016; Serder & Jakobsson, 2015a, 2015b).

2. Kompetenceudvikling for undervisere/pædagogisk personale

Birgitte Lund Nielsen & Keld Nielsen

2.1. Resume af litteraturstudiets genstandsfelt 2

Dette afsnit handler om reviewspørgsmål 2: Hvilke indsatser, metoder og strategier kan ifølge eksisterende forskning udvikle de *pædagogiske/didaktiske kompetencer hos pædagogisk personale og undervisere*, herunder især kompetencer til at gennemføre anvendelsesorienteret og/eller undersøgende naturvidenskabelig undervisning, i forhold til de naturfaglige/-videnskabelige fagområder i dagtilbud og uddannelsessystemet? Litteraturstudiet viser:

- At veluddannede lærere er den afgørende faktor for udvikling og nytænkning af undervisning. Her er det et problem, at Danmark (i tal fra både 2009 og 2013) ligger betragteligt under OECD's gennemsnit med hensyn til tid brugt på (og udbredelsen af) læreres fortsatte professionelle udvikling (CPD).
- At PCK (*Pedagogical Content Knowledge*) er en toneangivende og konstruktiv begrebsramme til at forstå læreres pædagogiske/fagdidaktiske kompetencer (nyere modeller for PCK inddrager bl.a. et færdigheds- og kompetenceaspekt). Det er centralt for udviklingen af PCK, at lærerstuderende deltager i aktiviteter koblet til undervisningspraksis, og at lærere og lærerstuderende løbende arbejder systematisk med at udvikle deres PCK – fx gennem diskursivt arbejde, med afsæt i konkrete praksiserfaringer, og samarbejde med mentorer/forskere. Der er dog et stort behov for mere solid viden om, hvad der kan understøtte læreres løbende udvikling af pædagogisk/fagdidaktisk viden og kompetence (PCK), og om forholdet mellem læreres PCK og elevers læring.
- At der ikke er substantiel evidens for, hvordan læreruddannelser generelt skal udformes, men der er tydelige indikationer på, at det er vigtigt, at der i læreruddannelsen arbejdes systematisk med undersøgelse af professionens praksis. I forhold til uddannelse af STEM-lærere viser nordisk forskning, at uddannelsen især bør inkludere praksiserfaring og refleksion over denne med fokus på elevers forståelse af de faglige begreber.
- At det er vigtigt, at uddannelsen af STEM-lærere inkluderer de studerendes refleksive arbejde med især undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning og understøttelse af kommunikation og dialog i klasserummet. Desuden er det centralt, at der i løbet af uddannelsen fokuseres på de studerendes grundlæggende overbevisninger (beliefs) om (undervisnings)faget, arbejdet med *nature of science*-aspekter (NOS) og brugen af IKT i undervisningen. Der er behov for mere viden om sammenhængen mellem STEM-læreres beliefs og deres praksis i klasserummet samt om, hvordan der under uddannelsen kan arbejdes med de studerendes beliefs.

- At der er et generelt behov for mere viden om, hvordan man konkret vil kunne arbejde med og udvikle en forskningsbaseret læreruddannelse i en dansk kontekst. Dette gælder såvel folkeskole- som gymnasielæreruddannelse. Det anbefales at udvide den hidtidige komparative forskning, der har sammenlignet forskellige læreruddannelsesprogrammer overordnet set, med undersøgelser, der afprøver samme konkrete indhold og/eller metode i forskellige (internationale) kontekster. Der er endvidere behov for mere forskning med interaktion mellem praktiksted og uddannelsessted som genstandsfelt, også forskning, der inddrager praktiklærere og praktikskolers betydning.
- At læreres fortsatte professionelle udvikling (CPD) kan føre til ændret undervisningspraksis, hvis følgende faktorer tilgodeses i CPD: fokus på det konkrete faglige indhold og fagdidaktik relevant for dette, lærernes aktive læring, lærernes samarbejde i kooperative læreprocesser, deltagelse af flere kolleger fra samme skole, længerevarende forløb med tid til iværksættelse af nye tiltag lokalt og til refleksion og sammenhæng mellem det, der arbejdes med på kursus, og det, der afprøves lokalt.
- At læreres fortsatte professionelle udvikling (CPD) er udfordret af, at der ofte er manglende institutionel støtte og forankring, samt at lærere mangler tid og ressourcer til at udføre opgaver i forbindelse med programsat CPD. Det er et væsentligt problem, at danske udviklingsprojekter meget sjældent sigter på varige effekter, går i stå undervejs og/eller ofte løber ud i sandet, og at de ikke evalueres i passende grad. Der mangler substantiel viden om, hvordan udviklingsprojekter kan sikres en varig effekt med henblik på en blivende og fortsat kapacitetsopbygning.
- At der er et stort behov for mere viden om, hvordan man eksplicit kan koble forskningsinformeret *design af* og *indhold i* læringsaktiviteter for lærere, med henblik på bæredygtige forandringer i undervisningen i skolen.
- At naturfagslærere generelt er positive over for undersøgelsesbaseret undervisning (UBNU), men at læreres arbejde med UBNU ofte er udfordret. UBNU bliver ofte et add-on til den øvrige undervisning og kobles ikke altid godt nok til elevernes begrebsforståelse. Generelt er det en udfordring, at en række kompetencer, elever kan tilegne sig i UBNU, ikke evalueres i passende grad til eksamen. Derudover kan UBNU være tidskrævende især for lærere, der begynder at designe UBNU-forløb.
- At i forbindelse med ønsket om at sikre elevers tilegnelse af *scientific literacy* og naturvidenskabelig almindannelse er der et generelt behov for udvikling af læreres kompetencer til at stilladsere elevers faglige diskussioner af samfundsmæssige problemstillinger (*socioscientific issues*, SSI).
- At der er behov for didaktisk og indholdsmæssig nytænkning i forhold til det, der ofte refereres til som *computing skills* eller *computer science education*. Det er utilstrækkeligt kun at satse på brug af computere som hjælpemiddel i undervisningen – det er heller ikke nok, at elever lærer at bruge computere. Det anbefales, at der er fokus på design af hardware

og software, logik, algoritmeudvikling, programmering inkl. sprog og teori, sammenhæng mellem 'computing' og matematik, anvendelser og sociale dimensioner.

- At der mangler en didaktik for faglig integration mellem STEM. Det er en stor udfordring, at lærere mangler faglig viden (PCK) i relation til fagintegration, og at lærerne mangler erfaringer på området, bl.a. fordi læreruddannelsen ikke ruste lærerne til denne form for undervisning.
- At det er givtigt at understøtte udviklingen af professionelle læringsfællesskaber (PLF), da disse har kapacitet til at fremme og understøtte læring hos alle professionelle på skolen med det formål at fremme elevernes læring. Udvikling af PLF understøttes bedst gennem en overordnet organisatorisk og politisk forankring og koordinering (fx i kommunalt regi). Et PLF kan med fordel bl.a. fokusere på undersøgelsesbaseret professionel læring; det er vigtigt, at fællesskabets aktiviteter har et relevant didaktisk indhold, og at der inddrages synspunkter og inspiration uden for gruppen selv, fx fra forskere eller eksperter.

2.2. Viden om STEM¹³-læreres PCK og pædagogiske/fagdidaktiske kompetencer

Der anvendes i litteraturen en række forskellige begreber til at beskrive og undersøge karakteren af læreres pædagogiske/fagdidaktiske kompetencer, men betegnelsen *pedagogical content knowledge* (PCK) må siges at være én af de mest udbredte nationalt som internationalt, særligt når det gælder forskning inden for STEM-området (dansk opsamling på PCK-forskningen: Ellebæk & B.L. Nielsen, 2016, for et internationalt overblik se Abell, 2007; Berry, Friedrichsen & Loughran, 2015; Loughran 2014).

PCK blev introduceret af Shulman (1986), bl.a. med målet om at sætte det faglige indhold på dagsordenen igen, når man diskuterede lærerfaglighed, efter en periode med fokus på mere almene metodiske spørgsmål. Shulman (1986, s. 9) skriver om PCK:

“De mest almindeligt forekommende undervisningsemner inden for ens faglige felt, de mest brugbare former for repræsentationer af disse idéer, de stærkeste analogier, illustrationer, eksempler, forklaringer og demonstrationer – i et ord, måden at repræsentere og formulere det faglige emne, så det bliver forståeligt for andre”.

PCK blev altså præsenteret som et unikt separat vidensdomæne tæt associeret med det indholdsområde, der undervises i. Dette blev starten på et omfattende forskningsprogram, der bl.a. førte til en ofte citeret antologi med særligt fokus på det naturfagsdidaktiske område redigeret af Gess-Newsome og Lederman (1999). Her refereres der bl.a. til PCK som udviklet gennem lærerens

¹³ STEM anvendes her som en forkortelse til angivelse af, at det som udgangspunkt gælder hele gruppen af fag: naturfagene (science), teknologi, *engineering* og matematik. Forskningen handler dog mest om naturfag og matematik. I afsnit 2.5.3 omtales STEM kort som særlig didaktisk målsætning.

syntese/transformation af 1) faglig indholdsviden, 2) pædagogisk/didaktisk viden og 3) viden om kontekst. PCK er dog gennem årene begrebssat og undersøgt på meget forskellige måder, og netop fraværet af en fælles forståelse har i en årrække 'spændt ben' for PCK som et kumulativt og ekspansivt forskningsparadigme (Berry et al., 2015). I den seneste internationale opsamling (Gess-Newsome, 2015) præsenteres PCK i en samlet model, udviklet i konsensus af centrale forskere inden for feltet, som den enkelte lærers indholds- og kontekstspecifikke pædagogiske viden og – nu med tilføjelse af – færdighed/kompetence. I modellen repræsenteres endvidere den gensidige påvirkning mellem den personligt/private PCK og en række offentligt delte forskningsbaserede almen- og fagdidaktiske vidensbaser (oversat i Ellebæk & B.L. Nielsen, 2016).

PCK er også i Norden en udbredt anvendt begrebssætning i forskning, der undersøger STEM-læreres professionelle læring (Ellebæk & Evans, 2005; Hansson, 2006; Hultén & Björkholm, 2016; Käpylä, Heikkinen & Asunta, 2009; Jauhiainen, 2013; Krogh & Andersen, 2008; B.L. Nielsen 2009; Nilsson 2008a; 2008b; 2014; Nilsson & Loughran, 2012; Nilsson & Vikström, 2015; Petersen, 2011; Pontoppidan, 2010). På baggrund af forskningen kan der identificeres en række udfordringer og områder, hvor der er behov for mere viden. Nedenfor følger en kondensering fra forskning, særligt fra Norden, hvor PCK er anvendt som teoretisk ramme i analyser og diskussioner af STEM-læreres pædagogiske/didaktiske kompetencer. I noget af denne forskning refereres der også til udfordringer ift. selve karakteren af PCK.

2.2.1. PCK som område- eller emnespecifik?

PCK er i forskningen dels anvendt til at begrebssætte lærerens professionelle faglighed inden for et områdedidaktisk felt. Dette gælder fx Nilssons (2008a; 2008b; 2014) undersøgelser af lærerstuderendes udvikling af PCK i relation til undervisning i naturfag, undersøgelser af PCK i relation til matematikundervisning (Liljekvist & Bommel, 2013) og undersøgelser, der kobler PCK til et bredt felt som teknologiundervisning (Hultén & Björkholm, 2016). Andre forskere har fokus på PCK inden for et meget fokuseret og specifikt emne, som fx PCK i forhold til undervisning i matematiske funktioner (Hansson, 2006). Internationalt er især Hasweh (2013) refereret for at argumentere for PCK som emne- og ikke kun områdespecifik. Forskelle i den præcise begrebssætning af PCK, herunder i genstandsfeltets 'kornstørrelse', problematiseres i internationale reviews (Abell 2007; 2008), dog med en samtidig fremhævelse af 1) det store behov for en fælles anvendt begrebssætning af lærerviden og kompetence, fx til anvendelse i undersøgelse af udbytte fra professionelle udviklingsaktiviteter, og 2) PCK som det bedste bud på dette (Hasweh, 2013; Loughran, 2015; Abell, 2007).

2.2.2. Hvordan udvikles læreres PCK?

I relation til udvikling af PCK fremhæves værdien af, at lærerstuderende under uddannelsen deltager i aktiviteter koblet til undervisningspraksis (Nilsson 2008b; 2014), og at de eksplicit

arbejder med metaperspektiv på egen PCK (Nilsson & Loughran, 2012). For både lærerstuderende og lærere i praksis fremhæves systematisk diskursivt arbejde med såkaldte *content representations* (CoRe) (Loughran, Milroy, Berry, Mulhall & Gunstone, 2001; B.L. Nielsen, 2009; Petersen, 2011; Pontoppidan, 2010) og samarbejde om udvikling og undersøgelse af praksis med en mentor og/eller forsker, det sidste fx gennem såkaldte *learning studies* (Nilsson, 2014; Nilsson & van Driel, 2010). Samarbejde mellem praktikere og forskere i såkaldte designbaserede forskningsprojekter fremhæves også, når det gælder udvikling af naturfagslæreres PCK i relation til at integrere teknologi, et område, hvor mange indskolingslærere mangler kompetencer (Hultén & Björkholm, 2016). Men det er uklart, om den positive effekt på læreres PCK handler om udbytte fra deltagelse i kollaborative iterativt organiserede undersøgelser overordnet set, eller om det er de enkelte metoder og koncepter til at organisere sådanne undersøgelser, som *learning studies* (Nilsson, 2014) eller *lesson studies* (Mogensen, 2015), der er afgørende.

I relation til udvikling (og undersøgelse) af læreres PCK er diskussionen om, hvorvidt PCK har karakter af viden, eller om det, som repræsenteret i den nye konsensusmodel (Gess-Newsome, 2015) også handler om færdighed/kompetence, helt central. Diskursive værktøjer som CoRe (og PaPers: Loughran et al., 2001) kan indfange og understøtte viden, refleksioner og strategier, men PCK som kompetence må fordr implementering i praktiseret undervisning. Så svaret på, hvorledes man udvikler PCK, afhænger i høj grad af, hvordan man forstår PCK. Her er der klart en vidensorienteret bias i den eksisterende forskning og stor brug for ny forskning med fokus på kompetenceaspektet.

2.2.3. Fremadrettet: forskning i læreres udvikling af PCK og forandringer i praksis

Der er brug for mere viden om læreres udvikling af pædagogisk/fagdidaktisk viden og kompetence gennem forskellige (kollaborative) aktiviteter, og PCK anbefales fremadrettet som begrebsætning i undersøgelse af læreres udbytte fra professionelle udviklingsaktiviteter (Hasweh, 2013). Her kan konsensusmodellen med fordel anvendes som fælles reference (Berry, Friedrichsen & Loughran, 2015; Ellebæk & B.L. Nielsen, 2016; Gess-Newsome, 2015). Betydningen af faglig indholdsviden for læreres PCK er løbende diskuteret i PCK-forskningen (Abell, 2007). Internationale reviews af forskning i lærerkompetencer nedtoner generelt set i deres konklusioner betydningen af den faglige indholdsviden for elevernes læring (Nordenbo, Larsen, Tiftikci, Wendt & Østergaard, 2008), men fagdidaktisk viden og kompetence fremhæves. Der er dog (ny) forskning i Norden, der eksemplificerer den store betydning, faglig indholdsviden kan have for udvikling af PCK, når der arbejdes i en fagdidaktisk ramme relateret til undervisning i skolen. Hansson (2006) illustrerer gennem lærerstuderendes refleksioner over funktioner som del af skolematematikken, hvordan faglig indholdsviden inden for et specifikt felt kan transformeres til PCK, og Kåpylä et al. (2009) har undersøgt effekten af indholdsviden inden for fotosyntese og plantevækst på læreres PCK.

Der er endvidere behov for mere forskning, der eksplicit undersøger sammenhænge mellem læreres PCK situeret i klasserumspraksis og elevernes læring. Nilsson & Vikström (2015) rapporterer et

eksempel på en sådan forskning, hvor lærere, der er involveret i et udviklingsprojekt, har deltaget i før- og efterundersøgelse af deres PCK med gentagne videooptagelser af deres klasserumspraksis. Den nævnte PCK-konsensusmodel (Gess-Newsome, 2015) visualiserer de mulige komplekse sammenhænge og inddrager også læreres grundlæggende overbevisninger (*beliefs*) som mulige forstærkere og filtre. Betydningen af lærernes grundlæggende overbevisninger for PCK fremhæves både internationalt (Abell, 2007; Lougran, 2014) og i en nordisk kontekst, fx i Jauhiainen (2013).

2.3. Viden om design af læringsaktiviteter for STEM-lærere

I den internationale forskning findes der ikke den samme skelnen mellem grundskolelæreruddannelse og gymnasielæreruddannelse som i Danmark, så de internationale referencer, der anvendes i afsnittet, kan som udgangspunkt handle om begge dele. De danske referencer er dog alle til den UC-baserede, fireårige integrerede professionsbacheloruddannelse til folkeskolelærer. Da gymnasiepædagogikum i Danmark er arrangeret noget anderledes, end læreruddannelse typisk er, er det vurderet, at en behandling af dette ville fordre umådeholden meget særplads (ift. indsigt i gymnasiepædagogikum generelt, se fx Beck, 2016).

Overordnet set kan man ikke baseret på den eksisterende internationale forskning sige, at der er evidens for, at bestemte måder at drive læreruddannelse på er bedre end andre. Reviews af forskning, der sammenligner forskellige modeller for læreruddannelse, har ikke givet noget entydigt billede (Cochran-Smith & Zeichner, 2005). Dog kan man på baggrund af komparative internationale undersøgelser af succesrige læreruddannelsesprogrammer identificere nogle vigtige principper, fx i relation til at der under uddannelsen arbejdes systematisk med undersøgelse af professionens praksis (Darling-Hammond, 2006; Darling-Hammond, Hammerness, Grossman, Rust & Shulman, 2005; Korthagen, Loughran & Russell, 2006).

Nordisk forskning i læreruddannelse i relation til STEM-fagene fremhæver praksiserfaring og refleksion over denne, med fokus på elevers forståelse af de faglige begreber og fx rammesat via formativ evaluering, portfolio og video eller andre artefakter fra de lærerstuderendes praksis bragt ind i uddannelsen (Bjuland, 2004; Kaasila & Lauriala, 2012; Liljekvist & Bommel, 2013; B.L. Nielsen, 2015; Nilsson, 2008a; 2008c; 2013; Ratinen, Viiri, Lehesvuori & Kokkonen, 2015). Kollaborative, problembaserede aktiviteter fremhæves og er undersøgt både overordnet set (Nilsson & Loughran, 2012; Nilsson & van Driel, 2010; Ryve, 2007) og specifikt fokuseret, fx lærerstuderendes kollaborative problemløsning i relation til elevernes forståelse af geometri i matematikundervisning (Bjuland, 2004). Noget forskning er rammesat i bestemte nationale reformer af uddannelsen, fx fremhæver Bergsten & Grevholm (2004), i ramme af den nylige svenske reform, at uddannelsens struktur af de lærerstuderende opleves som en støtte i at koble 'den didaktiske adskillelse' mellem fagligt og pædagogisk indhold.

2.3.1. Indhold i læreruddannelse

Viden om indhold i læringsaktiviteter for STEM-lærere uddybes i afsnit 2.4, men kort kan siges, at lærerstuderendes refleksive arbejde med undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning (Bergsten & Grevholm, 2004; Gyllenpalm, 2010; Gyllenpalm & Wickman, 2011) og med understøttelse af kommunikation og dialog i klasserummet (Lehesvuori, Viiri & Rasku-Puttonen, 2011; Viiri & Saari, 2006) særligt fremhæves, herunder studier, hvor disse to elementer kobles som genstandsfelt i lærerstuderendes refleksive arbejde med egen undervisningsplanlægning og gennemførelse (Ratinen, Viiri, Lehesvuori & Kokkonen, 2015).

Lærerstuderendes refleksion diskuteres i mange studier, fx har Kaasila og Lauriala (2012) identificeret en stor variation i dybde og bredde i de lærerstuderendes refleksioner og diskuteret, hvordan de lærerstuderendes egne erfaringer med at lære matematik så ud til at have stor indflydelse på, hvordan de angreb det at undervise i matematik. Denne indflydelse fra mange års 'indirekte lærerliv som elev' på, hvordan man bevidst eller ubevidst angriber og tænker om undervisning, er fremhævet i mange studier, siden Lortie (1975) satte fokus på denne udfordring. Opmærksomhed på egne grundlæggende overbevisninger (*beliefs*) og eksplicit arbejde med disse i uddannelsen fremhæves i den forbindelse (fx Bulien, 2008).

IKT er et andet område, der berøres i flere studier, fx anbefales det at have eksplicite mål relateret til integration af IKT og systematisk opfølgning på disse i læreruddannelsen (Meisalo, Lavonen, Sormunen & Vesisenaho, 2010), da forskning har vist, at lærerstuderende mangler kompetence til at anvende IKT med et særligt fokus på undervisning og læring (Kontkanen et al., 2014). For mere om brugen af IKT se afsnit 4. Specifikke interventioner inden for området er også undersøgt, bl.a. i et forskningsprojekt, hvor lærerstuderende er støttet i brug af simulationer i naturfagsundervisning, og hvor resultaterne viste statistisk signifikante forskelle imellem før- og eftertest både i indholdsviden, pædagogisk viden og TPACK (en særlig variant af PCK ift. inddragelse af IKT) (Lehtinen, Nieminen & Viiri, 2016). Det anbefales at arbejde eksplicit med lærerstuderendes tænkning om egen teknologisk viden og dermed understøtte deres refleksive brug af fx simulationer i deres naturfagsundervisning.

Et tredje område, der specifikt er undersøgt i relation til primær læreruddannelse, er *nature of science* (NOS). Det fremhæves som en udfordring at integrere nye innovative undervisningsformer såsom NOS-undervisning i primær læreruddannelse, men evaluering af den intervention, der henvises til, underbygger, at det *kan* lade sig gøre, og at dette kan ses som et første skridt frem mod at få NOS ind i læreruddannelsens curriculum (Vesterinen & Aksela, 2013).

2.3.2. Komparative undersøgelser af læreruddannelse

Resultater fra de ovenfor refererede reviews og internationale komparative undersøgelser af forskellige læreruddannelsesprogrammer kan suppleres med komparativ undersøgelse, der sammenligner indholdet i folkeskolelæreruddannelsen i Danmark med tre toppræsterende lande i

PISA og TIMSS: Canada, Finland og Singapore (Rasmussen, Bayer & Brodersen, 2010). Specifikt er indholdet i de pædagogiske fag, matematik og naturfag undersøgt. I resultaterne peges der på, at læreruddannelserne i toptrelandene er forskningsbaserede, og at underviserne har forskningskompetence. Der er ikke entydige forskelle i indholdet, dog er det fremhævet, at evidensbaseret professionsviden fylder mere i toptrelandene end i Danmark, hvor det, der betegnes som filosofisk orienteret professionsviden, til dels af normativ karakter, fylder mere. Finsk læreruddannelse er integreret ligesom dansk læreruddannelse, forstået således at der i naturfag og matematik begge steder arbejdes med både fagfaglige og fagdidaktiske aspekter, som undervises og læres integreret. På alle læreruddannelserne tilstræbes der sammenhæng mellem undervisning i praktik og på læreruddannelsessted, og i toptrelandene prioriteres praktiklærernes kompetencer højt.

Den finske læreruddannelse er sammenlignet også med andre nationale uddannelser, fx læreruddannelse i Thailand (Pavinee, 2013). Det har ført til identifikation af nogle forskelle, fx har den finske læreruddannelse mere fokus på begrebsviden inden for naturfag, mens den thailandske uddannelse prioriterer naturfaglig procesviden. I en anden komparativ undersøgelse sammenlignes læreruddannelse i Finland, England, Frankrig og Cypern (Evagorou, Dillon, Viiri & Albe, 2015). Begrundelsen er behov for udvikling af kvaliteten af naturfagsundervisning i nogle af de europæiske lande, og forskerne har en hypotese om manglende variation i naturfagsdidaktiske tilgange og/eller en didaktik, som er mindre engagerende end i andre fag. Resultatet af denne analyse opsamles i tre temaer: 1) Den finske læreruddannelse lægger mere vægt på forskning end de to andre, herunder lærerstuderendes udforskning af egen undervisning, 2) værdien af praksiserfaringer fremhæves i alle systemer, men i den finske læreruddannelse er der særligt fokus på balancen, altså højkvalitetspraktik på skoler med særligt uddannede mentorer og 'teoretisk' fordybelse, og 3) der er ingen af de tre lande, der har obligatoriske indsatser med løbende efter- og videreuddannelse. Det understreges af forskerne som forbløffende, at lærere ikke forventes løbende at videreuddanne og opdatere sig, og det problematiseres, at de tilbud, der er til fortsat professionel udvikling, er enkeltstående og usammenhængende.

Efter- og videreuddannelse/fortsat professionel udvikling for STEM-lærere behandles i afsnit 2.4, men her er en kort opsamling om overgangen mellem primær læreruddannelse og praksis.

2.3.3. Transition og induktion: de første år som STEM-lærer

Feinam-Nemser (2002) beskriver det at lære at undervise som et kontinuum fra læreruddannelse, til evt. særligt tilrettelagte forløb for nyansatte lærere og til fortsatte professionelle udviklingsaktiviteter. De første år som lærer er et centralt tema i forskningen, og fx har Winsløw et al. (2009) undersøgt forholdet mellem primær læreruddannelse og den daglige praksis som matematiklærer på en skole. De anskuer dette felt, altså forholdet mellem læreruddannelse og praksis på en skole, som ét, der også handler om forholdet mellem praktikperioder og studier på uddannelsearenaen, men de fremhæver, at forholdet bliver særligt akut interessant, når man ser på læreres erfaringer fra de første år efter endt uddannelse. Denne periode sammenfattes som en periode med 'transition' på

flere forskellige planer. Der har i dansk kontekst også været forskning, der har handlet om de første år som naturfagslærer (Andersen et al., 2004; Ellebæk & Evans, 2005). En af konklusionerne fra denne forskning er, at udvikling i de nye natur/teknologi-læreres håndteringsforventninger (*self-efficacy beliefs*) er meget afhængig af det, der begrebsættes som undervisningsmiljøet på de skoler, de bliver ansat på. Baseret på gentagne undersøgelser over tid med et internationalt udviklet survey-instrument, sammen med observationer og interviews, blev det konkluderet, at der er en signifikant positiv korrelation mellem de nye læreres udvikling af *self-efficacy* og støttende undervisningsmiljø-komponenter.

2.3.4. Fremadrettet: forskningsbaseret læreruddannelse

Forskningsbaseret uddannelse er på ingen måde en entydig ting, det kan fx ifølge Healy (2005) med lige så god ret handle om at facilitere de studerende i aktivt undersøgende og forskningslignende arbejde, som at der arbejdes med forskningsbaseret indhold og/eller med forskere som undervisere. Men generelt må der – baseret på ovenstående oversigt – siges at være et behov for mere viden om, hvordan man konkret vil kunne arbejde med og udvikle forskningsbaseret læreruddannelse i en dansk kontekst. Dette må gælde såvel folkeskole- som gymnasielæreruddannelse. Ift. gymnasiet er det en udfordring, at pædagogikum-modellen er arrangeret anderledes end læreruddannelse typisk er, hvorfor forskningsresultater fra andre lande ikke er direkte applicable.

Her og inden for andre områder kan det anbefales at udvide den hidtidige komparative forskning, der har sammenlignet forskellige læreruddannelsesprogrammer overordnet set, med undersøgelser, der afprøver samme konkrete indhold og/eller metode i forskellige (internationale) kontekster. Det kunne fx handle om forskellige konkrete modeller for lærerstuderendes undersøgelsesbaserede aktiviteter eller om måder at stilladsere reflektiv kobling mellem fag og fagdidaktik og mellem teoretiske og praktiske studier. Et tredje bud på forskning fremadrettet er, at der synes at være brug for mere forskning med interaktion mellem praktiksted og uddannelsessted som genstandsfelt, også forskning, der inddrager praktiklærere og praktikskolers betydning.

2.4. Viden om efter- og videreuddannelse ift. design af læringsaktiviteter

Der påpeges både i forskning og på policyniveau, at veluddannede lærere er den afgørende faktor for udvikling og nytænkning af undervisning (Hattie, 2012; OECD, 2009). Derfor er der et internationalt fokus på fortsat kompetenceudvikling efter primær læreruddannelse, der fx kan tage form som kursusaktivitet, skoleudviklingsprojekter og daglig sparring med kolleger. For et internationalt overblik henvises til Hewson (2007) og van Driel et al. (2012). Van Driel et al. (2012) definerer læreres fortsatte professionelle udvikling (CPD) som "... processes and activities designed to enhance the professional knowledge, skills and attitudes of teachers so that they might, in turn, improve the learning of their students". Mange danske 'naturfaglige projekter' kan med denne

definition karakteriseres som CPD-projekter (Jacobsen & Elmeskov, udateret). Forskning fra sådanne projekter inddrages derfor, men nogle projekter, fx det danske fireårige QUEST-projekt (Nielsen, Pontoppidan, Sillasen, Mogensen & Nielsen, 2013), har *også* handlet om praksisfællesskaber og lokal naturfaglig kultur, se afsnit 2.5 nedenfor.

Van Driel et al. (2012) understreger, at der på blot fem år fra 2007 til 2012 er sket en kraftig udvikling i omfang og validitet af viden om CPD. Dette er ikke fulgt op med CPD-indsatser, fx problematiserer en international komparativ undersøgelse (Evagorou, Dillon, Viiri & Albe, 2015) manglende obligatorisk efter- og videreuddannelse, og at de eksisterende CPD-tilbud er enkeltstående og usammenhængende. Uddannelsesmæssig innovation og reform fordrer ændringer i lærernes undervisningspraksis (Fullan, 2007), og forsøg på at forbedre undervisningen i STEM-fagene må ledsages af CPD-programmer, som omfatter de lærere, der forventes at gennemføre de ønskede ændringer.

Der er fra forskningen konsensus om en række faktorer, der er afgørende for, at CPD fører til ændret undervisningspraksis (Borko, 2004; Desimone, 2009; B.L. Nielsen et al., 2013, Richmond & Manokore, 2010; Van Driel et al. (2012):

- Fokus på det konkrete faglige indhold og fagdidaktik relevant for dette
- Lærernes aktive læring
- Lærernes samarbejde i kooperative læreprocesser
- Deltagelse af flere kolleger fra samme skole
- Længerevarende forløb med tid til iværksættelse af nye tiltag lokalt og til refleksion
- Sammenhæng mellem det, der arbejdes med på kursus, og det, der afprøves lokalt.

Timperley (2011) tilføjer en række yderligere faktorer, der har betydning for læreres professionelle læring, fx eksternt ekspertinput, lærernes undersøgelse af elevernes læring, fokus på ønsket elevlæring, og en aktiv og supporterende ledelse.

2.4.1. Eksempler på design af CPD fra de nordiske lande

Det danske QUEST-projekt, med naturfagslærere fra 42 skoler/fem kommuner, blev designet i overensstemmelse med de nævnte konsensuskriterier og med inspiration fra Timperley (2011). Trods udfordringer fra skolereform, skolesammenlægninger og ny lov om læreres arbejdstid rapporterer følgeforskningen om ændret undervisningspraksis med inddragelse af nye, forskningsinformerede undervisningsstrategier (Mogensen, B.L. Nielsen & Sillasen, 2015; B.L. Nielsen et al., 2013; B.L. Nielsen, 2016). Stadler (2016) konkluderer: "QUEST succeeded in implementing a collaborative development model of science instruction in Denmark. The model is well accepted by teachers and recognised as an exemplary model of school development".

Lattu (2003) rapporterer fra et design, hvor 11 grundskolelærere i et år arbejdede sammen med en naturfagsdidaktiker med det formål at udvide lærernes *learning environment*. Resultaterne var positive og viste, at lærernes brug af tid og af materialer er centrale udfordringer for forandringer, men at tilstræbte forandringer i læreres tænkning om egen undervisning ikke kan accelereres gennem intensiv støtte – forandringer tager tid.

Jankvist & Niss (2015) har undersøgt mulighederne for at forbedre læringsudbyttet i matematik for gymnasieelever med læringsvanskeligheder ved at designe et system med læringskonsulenter, som hjælper lærere med at identificere elever med læringsvanskeligheder og assisterer med at løse problemerne. Resultaterne er lovende, men ikke konklusive.

2.4.2. Udfordringer i forbindelse med CPD

Ift. Guskeys (2000) fem niveauer for evaluering af en CPD-indsats – 1) deltagernes reaktioner, 2) deltagernes læring, 3) institutionel støtte og forankring, 4) deltagernes brug af ny viden og færdigheder og 5) effekten på elevernes læring – påpeger van Driel et al. (2012), at Guskeys tredje niveau med få undtagelser negligeres i både indsats og evaluering. Desuden viser en række evalueringer, at det generelt er et problem for lærerne at få tilstrækkeligt med tid og ressourcer til at udføre opgaver i forbindelse med programsat CPD (Little, 2012; Loucks-Horsley, Stiles, Mundry, Love & Hewson, 2010).

Denne mangel ved internationale CPD-indsatser – at de skoleorganisatoriske aspekter ikke medtænkes (van Driel et al., 2012) – er også påpeget i dansk kontekst (Sillasen, Daugbjerg, Schmidt & Valero, 2011). De fremhæver endvidere, at lærernes grad af indflydelse på et reforminitiativ, fx i form af plads til at foretage egne omfortolkninger og reorganiseringer af det, der iværksættes 'oppefra', påvirker implementeringen i skolens hverdag. Hvis der er ubalance mellem lærernes og andre aktørers roller, ressourcer og muligheder for at agere selvreferentielt, forringes kvaliteten af reformens implementering. Det er endvidere problematiseret, at Danmark i målinger foretaget både i 2009 og 2013 ligger betragteligt under OECD's gennemsnit med hensyn til antal dage pr. år pr. lærer anvendt til CPD (OECD, 2009, 2013). og i en måling i 2009 med hensyn til hvor stor en brøkdel af det samlede lærerkorps, der deltager i CPD (OECD, 2009). Det vides ikke, om den nuværende indsats for en opgradering i undervisningsfagene (svarende til det, der tidligere hed linjefag) har forbedret Danmarks position.

2.4.3. Fremadrettet

Jacobsen & Elmeskov (udateret) påpeger, at mange danske udviklingsprojekter i grundskole eller ungdomsuddannelser går i stå undervejs eller løber ud i sandet, og at de enten ikke evalueres eller kun evalueres på Guskeys (2000) niveau 1. Der er generelt brug for at knytte følgeforskning til de projekter, der sættes i gang. Endvidere er der brug for forskning, der følger op på den viden, vi

allerede har, fra projekter, der er grundigt evalueret, herunder viden om, hvilke faktorer der i dansk skolesammenhæng gør, at nogle skoler reagerer smidigt og effektivt på større CPD-indsatser, mens andre ikke kommer ret langt (Stadler, 2016; B.L. Nielsen, 2016).

Desuden påpeger Jakobsen & Elmeskov en tendens til, at danske projekter iværksættes med en begrænset målsætning og ikke sigter efter varige effekter. Der efterlyses også internationalt mere viden om, hvordan CPD-projekter kan få længerevarende effekt, altså gøres bæredygtige, så initiativer ikke holder op, når en given projektperiode slutter (van Driel et al., 2012; Stadler, 2016). Van Driel med flere (2012) peger på det problematiske i, at forskningen fokuserer på succesfulde projekter, og at vi ved for lidt om, hvorfor og hvordan projekter mislykkes. De anbefaler fremadrettet at undersøge betydningen af de institutionelle rammer, den lokale skolekontekst, sammenhæng mellem CPD og policyinitiativer – altså kontinuitet fra lov- og bevillingsgivere – og for opskaleret og på tværs af kontekster at følge op på positive eksempler, hvor lærere med succes har implementeret nye undervisningstilgange.

2.5. Viden om fagligt og fagdidaktisk indhold i læringsaktiviteter for lærere

Når man taler om forskningsbaserede eller -informerende læringsaktiviteter for lærere, må det i lige så høj grad handle om det *indhold*, der arbejdes med, som om design af læringsaktiviteterne. Van Driel et al. (2012) refererer til *fokus* blandt de elementer, der er konsensus om er vigtige for effekt i forbindelse med læringsaktiviteter for lærere. Et fokus på klasserumspraksis er vigtigt, altså på undervisning i – og læring af – et konkret fagligt indhold for at understøtte udvikling af lærernes PCK (afsnit 2.1), som er tæt knyttet til *deres* fokus på elevernes læringsudbytte (van Driel et al., 2012, s. 132). Derfor er dette afsnit opdelt i relation til indholdsområder. Mange af de elementer, der i forskningen er behandlet som indhold i læringsaktiviteter for lærere, er grundigere behandlet i andre dele af dette review. I herværende afsnit inddrages litteratur, der eksplicit nævner det pågældende element i relation til læringsaktiviteter for lærere. Det er ikke al den refererede forskning, der har lærernes læring som sit primære genstandsfelt, men her kondenseres de elementer, som bedømmes relevante ift. læringsaktiviteter for lærere.

2.5.1. Særligt for naturfagslærere

Undersøgelserbaseret naturfagsundervisning (se afsnit 1.3.2) for elever er et centralt tema i læringsaktiviteter for naturfagslærere. Termen 'inquiry' bruges i den forbindelse og i nogle tilfælde af IBSE (*Inquiry Based Science Education*). Mål kan overordnet set både være, at eleverne lærer *at* lave inquiry, at de lærer *om* inquiry, og at de lærer naturfagligt indholdsstof, og undersøgelsesbaserede aktiviteter for elever kan beskrives med forskellig grad af åbenhed ift. problem, metode og resultat (Gyllenpalm, Wickman & Holmgren, 2010). Svensk forskning har vist, at undersøgelsesbaserede elevaktiviteter generelt værdsættes blandt naturfagslærere, særligt fordi hands-on-aktiviteter

italesættes som sjove og motiverende, men de er også et ideal for lærerne, som kan være svært at nå i praksis; aktiviteter med lave frihedsgrader er fortsat dominerende, og der er udfordringer i forhold til lærernes skarphed på mål og type i egne undersøgelsesbaserede aktiviteter (Gyllenpalm et al., 2010). Dansk forskning om læreres arbejde med IBSE i ramme af udviklingsprojektet QUEST bekræfter, at lærerne umiddelbart er meget positive og ser hands-on-aktiviteter som motiverende for elever, men viser også udfordringer, fx i forbindelse med at bestemte aktiviteter fra udviklingsprogrammet kopieres og bliver en add-on til den øvrige undervisning og i forhold til kobling til elevernes minds-on og naturfaglige begrebsforståelse (B.L. Nielsen et al., 2013). Finske undersøgelser har også vist, at lærere og lærerstuderende har udfordringer med kobling af hands-on med minds-on i undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning, bl.a. i forhold til hvordan lærerspørgsmål og dialog kan bruges målrettet (Lehesvuori, Ratinen, Kulhomäki, Lappi & Viiri, 2011).

I forhold til elevernes læring om, hvad inquiry er og kan være, har det stor betydning, om lærerne eksplicit arbejder med dette, hvad de ikke så ofte gør i de undersøgte svenske klasserum (Gyllenpalm, 2010). Gyllenpalm og Wickman (2011) har endvidere, i forbindelse med forskning i, hvordan begreber anvendes og medierer handling i forskellige kulturelle kontekster, konkluderet, at lærerstuderende bruger begrebet 'eksperiment' om en læreringsaktivitet, fx en laboratorieopgave, mere end om en forskningsaktivitet, og at de ikke har en præcis forståelse af, hvad et 'kontrolleret eksperiment' er. De præsenterer en oversigt, som vil kunne anvendes reflektivt i læringsaktiviteter for naturfagslærere, med forskellige begreber som metode, eksperiment og hypotese, set som hhv. undervisningsmetode og i relation til naturvidenskabelig forskning. *Nature of science* (NOS) fremhæves i den forbindelse som et vigtigt indholdsområde i læringsaktiviteter for lærere (Gyllenpalm & Wickman, 2011). NOS er fremhævet i mange sammenhænge både internationalt og i Norden, fx konkluderer Leden, Hansson, Redfors og Ideland (2015), at lærere forventes at undervise i NOS, men ikke er uddannet i dette, og at de endda i mindre grad kan italesætte, hvordan man kan undervise i NOS, end hvad NOS er. Vesterinen og Aksela (2013) henviser også til et behov for fokus på NOS i primær læreruddannelse.

Socio-scientific issues (SSI), og hvordan der kan arbejdes pædagogisk-didaktisk med disse, fremhæves også som centralt indholdsstof i forbindelse med læringsaktiviteter for naturfagslærere. Det kan handle om klimaforandringer og andre problematikker i forbindelse med bæredygtighed og biodiversitet; her har lærerne brug for kompetencer til at stilladsere elevernes arbejde med kritisk problemløsning (Ekborg, 2005; Jerneck et al., 2011). Ekborg (2005) har undersøgt, hvordan lærerstuderende argumenterer om SSI, og resultaterne viser bl.a., at de ikke i så høj grad anvender deres naturfaglige viden i argumentationen, men tager hurtige følelsesbetonede standpunkter, og i nogle tilfælde er faglige misforståelser afgørende for deres standpunkter. Mork (2005) uddyber betydningen af pædagogisk-didaktisk arbejde med argumentation inden for naturfagsområdet, og Sjöström (2013) har i sine undersøgelser af dannelsesorienteret kemiundervisning peget på en reflektiv og kritisk diskurs som central, og at denne fordrer, at lærerne har både kemisk indholdsviden, viden om kemi i samfundet og forståelse af "the nature of chemistry".

I relation til behov for mere viden om naturfagsdidaktiske indholdsområder, der kan anvendes i læringsaktiviteter for lærere, henvises til andre dele af dette review, hvor forskningsbaseret viden

om 'elementer', der understøtter elevernes læring og motivation, er grundigt behandling. Pointen er, at dette alt andet lige må være det vægtige indhold i læringsaktiviteter for lærere. Baseret på kondenseringen ovenfor kan man dog sige, at der er brug for mere viden om, hvordan lærerne konkret kan støttes i at udvikle kompetencer i forhold til undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning med diskursive minds-on-elementer og et eksplicit fokus på NOS. Det er tankevækkende, at disse indholdsområder, som har været fremhævet som centrale i læringsaktiviteter for lærere gennem mange år, fortsat ser ud til at give udfordringer. Dette indikerer et stort behov for mere viden om, hvordan man eksplicit kan koble forskningsinformeret *design af* og *indhold i* læringsaktiviteter for lærere med henblik på bæredygtige forandringer i undervisningen i skolen.

2.5.2. Særligt for matematiklærere

Nosrati og Wæge (2014) giver med et norsk udgangspunkt et kondenseret overblik over nyere forskning rettet mod god læring og undervisning i matematik. De konkluderer, at der internationalt er konsensus om den retning, matematikundervisningen bør bevæge sig i: væk fra at formidle matematik som regler og algoritmer, som eleverne lærer at anvende på en række standardproblemer. Hen mod undervisning, der udnytter det rige grundlag af tankeskemaer og tankeprocesser, som matematik tilbyder. Undervisningen skal fremme udvikling af elevernes selvindsigt (*self-awareness*), logisk tænkning, problemløsning og refleksion, og særligt peger de på undersøgende matematikundervisning (UMU) som et didaktisk koncept, der står centralt i både norsk og international forskning. Det er dokumenteret, at UMU gør eleverne til bedre problemløsere, de udvikler bedre begrebsmæssig forståelse, og de klarer sig bedre i standardiserede tests (Nosrati & Wæge, 2014), og der anbefales en undervisning med vægt på, at eleverne arbejder med:

- Mønstergenkendelse (*pattern sniffing*).
- Egne beskrivelser af egne problemløsningsprocedurer.
- Udvikling af egen notation.
- Udvikling af sproglige argumenter, fx til at overbevise klassekammerater om argumenters holdbarhed.
- Selv at manipulere et problem. Hvad der sker, hvis man skiller et problem eller en procedure ad eller omfortolker det/den (*mathematical tinkering*).
- Selv at genkende eller konstruere (*invent*) ligheder mellem tilsyneladende forskellige matematiske strukturer.

UMU muliggør nye former for arbejde og samarbejde i klasseværelset, og matematisk diskussion og kommunikation spiller en central rolle. Dette suppleres af en række andre forskningsresultater med fokus på lærer-elev-dialoger og med elevernes tænkning og argumentation i centrum (Alrø & Skovsmose, 2004; Blomhøj & Kjeldsen, 2006; Johnsen & Alrø, 2010). Også i forbindelse med lærernes oplæg i klassen fremhæves fokus på oplæggets betydning for elevernes udvikling af ræsonnementskompetence (Lindhart, Ejdrup & Skipper-Jørgensen, 2010). Generelt konkluderes det, at

i en dialogbaseret, undersøgende matematikundervisning er *lærerens metaviden og evne til at kontekstualisere* vigtig. Der er ikke noget i matematikken selv som fag, der tvinger læreren til at præsentere matematik abstrakt og uden relation til samfundet. Derimod udelukker denne tilgang muligheden for at vise matematikkens vigtige rolle i samfund, kultur og naturvidenskab, og eleverne får ikke udviklet den stærkt efterlyste evne til at anvende matematik i komplekse situationer. Andersson og Ravn (2012) har observeret forskellige typer af kontekstualisering af matematik i gymnasiet og konkluderer, at der stadig er behov for et stort udviklingsarbejde.

I relation til matematiklærere og deres kompetencer konkluderer Skott (2004), at den nye lærerrolle kræver, at lærerens kvalifikationer sættes ind i en bredere sammenhæng, der integrerer pædagogiske, matematiske og metamatematiske perspektiver. Jess (2004) rapporterer fra et stort projekt om vanskeligheder for matematiklærere med at implementere formativ evaluering i 1.-5. klasses matematik. Lærernes udnyttelse af den formative information var begrænset, men førte til mere refleksion hos lærerne over undervisning og læring, specielt sprogets rolle for læring, og Hansson (2006) har undersøgt lærerstuderendes opfattelse af et grundlæggende matematisk begreb (funktionsbegrebet). De studerende udviser en snæver og 'isoleret' forståelse af funktionsbegrebet, som hæmmer deres muligheder for at diskutere med eleverne. Derfor bør grundlæggende matematiske begreber præsenteres i mange forskellige sammenhænge i undervisningen.

Niss et al. (2006) og Mogensen (2011) anbefaler, at der fokuseres på *matematiske pointer*. Mogensen (2011) fandt, at nogle lærere bruger pointer, og at pointer oftest formuleres af linjefagsuddannede lærere og på store skoler. Mogensen anbefaler, at alle skoler udnævner og understøtter en matematikvejleder med ansvar for bl.a. at tilbyde eller arrangere kollegial sparring og vejledning, herunder at matematiklærere i fagteam sætter kollegial sparring i system som *lesson study*. Det anbefales ligeledes, at praktikforberedelse, praktikundervisning og evaluering i læreruddannelsen tilrettelægges som *lesson study* med fokus på matematiske pointer. Også Jahnquist & Niss (2015) anbefaler brugen af matematikvejledere, her i forbindelse med forskningsbaseret design af efteruddannelse af matematiklærere i gymnasiet.

2.5.3. STEM-indhold og faglig integrering – med fokus på teknologi og engineering

I den særlige didaktiske målsætning, der i litteraturen omtales som STEM (Science, Technology, Engineering og Mathematics), er det hensigten, at der undervises i de fire områder, således at de integreres og supplerer hinanden. Undervisningen forbindes tæt til, at eleverne arbejder med at finde løsninger på praktiske eller teoretiske problemer (Hom, 2014); og som det diskuteres i afsnit 1.4.4, har teknologi-, *engineering*- og designundervisning generelt en række pædagogiske og læringsmæssige potentialer. Her gennemgås en række af udfordringer i forbindelse med implementering af især *engineering* fra et lærerkompetence-perspektiv.

Som beskrevet i afsnit 1.4.4 ser det ud til, at krav om, at der skal undervises i teknologi, gør lærere og pædagoger i førskolen usikre på, hvad de skal undervise i og hvordan. I førskolen er der ikke nogen tradition at falde tilbage på, og der er generelt behov for at udvikle lærernes undervisning på

dette område. Lærerne mangler værktøjer til at undervise med udgangspunkt i børnenes egen verden og egne valg (Sundqvist, 2016).

De største udfordringer ser dog ud til at være det tværfaglige samarbejde (se afsnit 1.3.4) eller den faglige integration, som STEM lægger op til. STEM er jo netop ikke et nyt fag, men en ny måde at anskue fagenes relationer på. Ud over at vi ikke har nogen stærk tradition for *engineering* og ikke nogen egentlig didaktik for området, har vi heller ikke nogen stærk tradition – eller en didaktik – for integreret samarbejde mellem fagene. Et nyere review konkluderer, at integration mellem naturfag og matematik stadig står svagt internationalt, men kan dog konkludere, at integration forbedrer elevernes læring. Udfordringer for at komme videre er lærernes manglende faglige viden/kompetence (PCK) i relation til fagintegration, og at lærerne mangler erfaringer på området, bl.a. fordi en læreruddannelse ikke ruste lærerne til denne form for undervisning (Kurt & Pehlivan, 2013).

Der er meget lidt litteratur, der beskriver, hvordan man i en dansk skolekontekst konkret kan udfolde en integreret eller fællesfaglig undervisning, og der mangler forsøg og dokumentation. I Finland har der været forsøg i læreruddannelsen, hvor den faglige integration opnås ved, at man først underviser monofagligt i de indgående fag, for derefter, sammen med de studerende, at kortlægge associationer mellem kernebegreber i ét fag og fagligt indhold i de andre fag (Karppinen, Kallunki, Kairavuori, Komulainen & Sintonen, 2013). I det nye 'framework' for science-undervisning i USA (NRC, 2012) og den tilhørende didaktiske konkretisering gennem 'Next Generation Science Standards' (NGSS) lægges der overordentlig stor vægt på, at eleverne skal lære *engineering*-metoder og -færdigheder. Men NGSS er tilbageholdende med at tale om STEM. De nøjes med at fastslå, at science er en kvantitativ disciplin, så det er vigtigt, at underviserne sikrer sig, at science-undervisningen hænger sammen med elevernes læring i matematik. Derfor er formuleringen af læringsmål i NGSS udarbejdet i samarbejde med rammerne for læreplaner i matematik. I NGSS sikres integrationen i naturfagene, gennem at det, der er fælles for fagene (*methods, procedures, core concepts*), i undervisningen fremstilles som værende fælles. Men hvert af naturfagene har samtidig sine egne "disciplinary core ideas".

I dansk sammenhæng mangler der forsøg med, undersøgelser af og dokumentation af STEM-undervisning, ligesom der mangler formulering af mål for og formulering af en didaktik vedrørende *engineering* i undervisningen og faglig integration af STEM-fagene.

2.5.4. Computing og informatik

En række internationale rapporter beskriver status for undervisning relateret til computere og brugen af dem i hhv. USA, UK og Europa og peger på behovet for en nytænkt indsats, fordi computere og brug af computere har en voksende indflydelse på den måde, hvorpå vi forstår verden, viden og hinanden, og fordi efterspørgslen efter *computing skills* inden for alle professioner vokser (Wilson et al., 2010; Royal Society, 2012; Informatics Europe & ACM, 2013). Der peges enstemmigt på, at den hidtidige indsats i skoler mht. uddannelse i at bruge og forstå informations-teknologi har fejlet, så der er behov for didaktisk nytænkning. Det konstateres, at behovet for

nytænkning er erkendt, men at der ikke hersker enighed, mht. hvad man kan/bør gøre: Hvad skal der undervises i og hvordan? Det er utilstrækkeligt kun at satse på brug af computere som hjælpemiddel i undervisningen – det er heller ikke nok, at elever lærer at bruge computere. Der anbefales *computer science education*, som bl.a. omfatter: design af hardware og software, logik, algoritmeudvikling, programmering inkl. sprog og teori, sammenhæng mellem *computing* og matematik, anvendelser og sociale effekter (Wilson et al., 2010). Det anbefales, at ethvert barn skal have mulighed for at lære *computing*, og der peges på behovet for uddannelse og efteruddannelse af lærere (Royal Society, 2001; Informatics Europe & ACM, 2013). Udfordringen med at beskrive et nyt fag på grundlag af hidtidige erfaringer tages op af Weintrop et al. (2015).

En ny, mere kohærent faglig tænkning, der omfatter – men ikke begrænser sig til – *computational thinking* (for en definition se nedenfor), er nu på vej ind i læseplaner; i ”The New National Curriculum” i UK er der på faglisten indført ”Computing Programmes Study”, hvor formålet er at sætte alle elever i stand til at bruge: ”A computational thinking and creativity to understand and change the world (...) . The core of computing is computer science, in which pupils are taught the principles of information and computation, how digital systems work and how to put this knowledge to use through programming” (Gov.uk – Department for Education, 2014). I den nye føderale australske læreplan fra 2015 skal elever fra 0. til 10. klasse udvikle ”understanding and skills in computational thinking” (Australian curriculum, 2015). I et forslag til et nyt curriculum i New Zealand skal *digital technology* være et fagområde, der bl.a. skal omfatte algoritmer, data repræsentation, digitale applikationer, digital infrastruktur og programmering (Parsons, 2016; se også Core, 2016), ligesom der i de foregående år har været lavet forsøg i New Zealand med almen undervisning i programmering og *computer science* (Bell et al., 2014). Tre af de største skoledistrikter i USA (Chicago, San Francisco og New York City) vil indføre *computer science education* på alle klassetrin (Guzdial, 2016).

Inden for feltet *computational thinking* (CT) er der internationalt en rivende udvikling, der indikerer, at dette kunne blive et meget relevant indholdsområde i læringsaktiviteter for lærere fremadrettet (Grover & Pea, 2013; Heinz et al., 2016). Grover og Pea (2013) opsummerer, at CT handler om en generisk analytisk kompetence, der understøtter læring i STEM-fagene. CT involverer altså almen problemløsning, men trækker på begreber, der er fundamentale i *computer science*. De konkluderer, at der fra forskningen er konsensus om centrale indholdsområder i undervisning i CT, som fx mønstergenkendelse, struktureret problemopdeling og iterativ og parallel tænkning, og foreslår også forskellige evalueringstilgange. Heinz et al. (2016) har lavet en komparativ undersøgelse af, hvordan ti lande, herunder Norge, Sverige og Finland, har inkluderet computing-området i grundskole og gymnasium (K-12). CT nævnes sjældent eksplicit, men de nævnte idéer ift. generisk problemløsning og mønstergenkendelse m.m. indgår i en eller anden grad.

I Danmark er idéerne fra *computational thinking* og *computer science education information* på vej ind i gymnasiet med faget informatik, der netop er blevet permanentgjort, efter at det har været forsøgsfag siden 2011. Med udgangspunkt i internationale erfaringer er der udviklet indhold og didaktik for faget (Caspersen & Nowack, 2013). ”Informatik” er hermed indført som en dansk

betegnelse for ”*computing*” som skolefag. Informatik bruges også i andre ikkeengelsktalende lande, da *computing* anses for at være uoversætteligt.

Regeringens Vækstråd anbefaler, at *computational thinking* gøres til en fast del af undervisningen på relevante uddannelser fra folkeskoler til de videregående uddannelser og i efteruddannelsessystemet (Danmarks Vækstråd, 2016b). *Computational thinking* anvendes i denne sammenhæng om et bredt spektrum af kompetencer, der bl.a. omfatter programmerings- og kodningskompetencer (Danmarks Vækstråd, 2016a).

Indførelsen af *computing*/informatik på alle niveauer i grundskole og ungdomsuddannelse vil betyde, at Danmark følger med i en tydelig didaktisk og uddannelsespolitisk trend, og vil byde på en lang række udfordringer, ikke mindst med hensyn til forskningsviden og lærer(efter)uddannelse. Bortset fra at Aarhus Universitet/It-vest har oprettet Center for Computational Thinking, kan man ikke sige, at Danmark står godt rustet.

2.5.5. IKT som hjælpemiddel og som genstand for professionelle udviklingsaktiviteter

Der findes en del forskning i nordisk kontekst, der handler om IKT som hjælpemiddel i undervisningen (se afsnit 4) og bredt set som genstandsfelt i professionelle udviklingsaktiviteter for lærere (Brandt & Johansen, 2009; Kontkanen et al., 2016; Lavonen et al., 2012; Lavonen & Meisalo, 2000; Meisalo et al., 2010; Misfeldt, 2016; Røkenes & Krumsvik, 2016; Valtonen et al., 2015).

Brandt & Johansen (2009) har i en survey undersøgt brug af it i grundskolen og perspektiverer resultaterne til læringsaktiviteter for lærere. De konkluderer, at lærerne har brug for viden og færdigheder særligt ift. naturfagsspecifikke it-værktøjer, fx elektronisk dataindsamling og -analyse (datalogging) og arbejde med robotter – generelle efteruddannelseskurser ser ikke ud til at have effekt, når de gælder de naturfagsspecifikke it-værktøjer. Misfeldt (2016) har undersøgt, hvordan design af uddannelsesscenarier kan støtte læreres anvendelse af både teknologi og åben problemløsning; mere specifikt har han fulgt lærere, der i samarbejde udvikler et digitalt læringsmiljø, hvor GeoGebra- og Google Drev-værktøjer kombineres. De konkluderer, at spillbegrebet kan støtte grundskolelæreres kollaborative design i en tænkning, der både handler om teknologi og om problembasering.

Denne kondensering viser, at den hidtidige forskning i Norden har beskæftiget sig med en række forskellige aspekter af IKT som genstandsfelt i læringsaktiviteter med lærere uden dog at have karakter af et kumulativt forskningsprogram. Man kan fremadrettet anbefale forskning, der undersøger nogle af de samme tilgange og indhold i flere læreruddannelseskontekster.

2.6. Viden om lærersamarbejde og læringsfællesskaber

Med skolereformen er der kommet mere fokus på at udvikle lærere og skoler, ledelsesmæssigt og pædagogisk-didaktisk, herunder kollektiv kompetenceudvikling. Skoleledere vurderede for få år siden, at selvom kollektive kompetenceudviklingsforløb ofte er dyre, er de pengene værd, fordi effekten opleves som større og bredere end de individuelt fokuserede forløb (Danmarks Evalueringsinstitut, 2013). Internationalt har der i længere tid været fokus på professionelle læringsfællesskaber (PLF) (Albrechtsen, 2015). Vescio, Ross & Adams (2008) kondenserer i et review, hvilken effekt deltagelse i PLF har på læreres praksis og elevers læring. Med reference til Darling-Hammond og McLaughlin (1995) fremhæver de, at læring og udvikling gennem PLF forudsætter en fundamental forandring af skolers institutionelle strukturer og nye visioner for, hvad, hvornår og hvordan lærere skal lære. Vescio et al. (2008) beskriver fem karakteristika for et velfungerende PLF. Disse går i let omskrevne versioner igen i det meste af litteraturen (fx Albrechtsen, 2015). Det handler om: 1) fælles værdier og syn på børns læring og skolens prioritering af brug af tid og plads (Newman et al., 1996), 2) fastholdelse af fokus på elevernes læring (Dufour, 2004), 3) reflekterende dialog, dvs. omfattende og vedvarende samtaler om lærerroller, læseplaner, undervisning og elever (Newman et al., 1996), 4) deprivatisering af undervisningspraksis og 5) fokus på samarbejde.

Dermed får PLF'et kapacitet til at fremme og understøtte læring hos alle professionelle på skolen med det formål at fremme elevernes læring (Bolam, McMahon, Stoll & Wallace, 2005). Vescio et al. (2008) skriver: "*well-developed PLCs have positive impact on both teaching practice and student achievement*". I 8 af de 11 projekter, hvor elevernes læring blev undersøgt, kunne der dokumenteres øget elevlæring. Der var en positiv sammenhæng mellem effekten hos eleverne og kvaliteten af arbejdet i skolens PLF'er, og det konkluderes, at deltagelse i PLF påvirker lærernes praksis, da de bliver mere elevopmærksomme. Så elevernes læring forbedres gennem lærernes fokus på læring, og skolens undervisningskultur forbedres gennem forøget samarbejde, udvikling af lærerautoritet og fortsat lærer-læring (Vescio et al., 2008).

2.6.1. Anden dokumentation af effekt af læreres kollektivitet

McLaughlin og Talbert (2006) giver eksempler på skoler og skoledistrikter, hvor etablering af PLF'er har ført til en bedre undervisningskultur, og beskriver typiske udfordringer, der skal overvindes undervejs. De anbefaler, at lærernes samarbejde indeholder tolkning og diskussion af data (fx, men ikke nødvendigvis, testresultater), som er relateret direkte til skolen eller specifikke klasser, og ser det som en væsentlig opgave for en PLF at arbejde konstruktivt med data og finde kollektive svar på de problemer, som formuleres med udgangspunkt i data. Albrechtsen (2015) samler grundigt op på den internationale forskning. Han introducerer bl.a. begrebet undersøgelses-baseret professionel læring, med reference til Timperleys (2011) cykliske model, og diskuterer også ledelse i forbindelse med PLF. Mange lærere løser opgaver som vejledere eller koordinatore, der indeholder elementer af beslutningstagen og ledelse, men rollen som leder er uformel. Derfor

indføres begrebet ”distribueret ledelse”, hvor fokus flyttes fra den person, der udøver ledelse, til situationer, hvor der udøves ledelse, så også den uformelle ledelse blive mere synlig og gennemskuelig (Albrechtsen, 2015).

Et større kvantitativt studie har vist, at når matematiklærere fik mulighed for hyppige, åbne samtaler med kolleger, scorede deres elever signifikant bedre (Leana, 2011).

Baseret på forskning i det danske QUEST er det beskrevet, hvordan fagteam på en skole kan støttes og udvikle sig hen imod et PLF (Mogensen et al., 2015; B.L. Nielsen, 2016). Projektets kursusform (QUEST-rytmen) fungerede som støtte til lokal fagteamudvikling, og arbejdet i fagteamet handlede om videndeling og diskussion af artefakter fra undervisning på skolen. Det konkluderes, at rammesætning i form af struktur og ressourcer ikke i sig selv er nok til at sikre fagteamudvikling. Teamets aktiviteter skal have et relevant didaktisk indhold.

2.6.2. Nogle udfordringer og muligheder

Med henvisning til Hargreaves (2000) peges der på begrebet ”påtvungen kollegialitet”, som trives i dårligt ledede og dårligt fungerende samarbejdskulturer. Samarbejdskulturer kan degenerere til komfortable tilbagelæningskulturer med begrænset udsyn og ringe lyst til udvikling eller ændring. Samarbejde må, iflg. Albrechtsen (2013), have et element af ”ægthed”. Også (Little, 2003) peger på, at arbejdet i professionelle lærergrupper kan lukke sig om sig selv, så visse stemmer og former for tænkning, der harmonerer med fastgroede opfattelser af, hvad der er god/dårlig undervisning eller forkert/rigtigt i skolesammenhæng, dominerer og fastlåser gruppens tænkning. Det er vigtigt, at lærergrupper også arbejder med at finde synspunkter og inspiration uden for gruppen selv, fx gennem kontakt til forskere eller eksperter eller andre grupper. Adgang til eksperter fremhæves også af van Driel et al. (2012), ligesom det er vigtigt, at gruppen tager tydelige og reflekterede beslutninger om retning og design af sin egen professionelle udvikling (se også Little, 2012).

En opsamling på øvrige identificerede udfordringer og muligheder:

- Verbiest og Erculj (2006) konstaterer, at skoler i stigende grad udsættes for politisk pres og forsøg på styring udefra. Derfor er det nødvendigt at styrke skolernes interne opbygning af lærings- og udviklingskapacitet. De indfører en graderet klassifikation af skolers kapacitet og foreslår konkrete og specifikke tiltag og redskaber, der i samarbejde med ledelsen kan bringe lærergrupper fremad (se også Verbiest, 2011).
- Sølberg (2006) peger på det stigende fokus, der er på udvikling af naturfaglige kulturer på skolerne, og efterlyser redskaber, der kan støtte udviklingen, ikke mindst omkring de sociale og organisatoriske rammer på skolen og i kommunen.
- Sølberg & Jensen (2012) analyserer data fra Science-kommune-projektet, der havde udvikling af naturfagsområdet som fokusområde. To elementer er vigtige for forandring og

udvikling i en kommune: politisk forankring af naturfagsindsatsen og etableringen af et koordinerende netværk i kommunen.

- Fehr (2016) har analyseret Science-kommune-projektet for at undersøge, hvordan centrale aktører påvirkede udviklingen af bl.a. de tilknyttede science-konsulenter. Konsulenternes ageren i det udviklede koordinatorknetværk er vigtig og sætter dem i stand til at mobilisere ressourcer i deres kommuner til gavn for udviklingen af science-undervisningen.
- Søgaard (udateret) omtaler vanskelighederne i fagteam på små skoler. Netværk med andre skoler øger muligheden for faglig sparring og lyst til at lave innoverede undervisningsforløb.
- Andreassen, Damkjær & Højgaard (2011) beskriver et forsøg med kompetenceudvikling for matematiklærere på 4.-6. klassetrin gennem samarbejde imellem fire skolers fagteam.
- Mogensen (2015) præsenterer den japanske metode med *lesson study* som en metode til at lave kollegial faglig sparring på en måde, så man metodisk samarbejder med fagkolleger om at afprivatisere undervisningen og udvikle undervisning af høj faglig kvalitet.
- Sillasen (2014) undersøger, hvordan reformer af naturfagsundervisning påvirker natur/tekniklæreres udvikling af en professionel identitet gennem deltagelse i sociale netværk. Han peger på, at effektiv professionel udvikling kan organiseres i lærende fællesskaber og i kommunale netværk, så lærerne får mulighed for faglig udvikling og videndeling, og at integration af flere udviklingsprojekter i en skole kan skabe synergier, som bidrager til at styrke den professionelle udvikling. Dette fordrer dog pædagogisk ledelse og koordination.
- Robinson (2015) har fundet, at ud af en række tiltag, som en skoleledelse kan sætte i værk, har ”ledelse af lærernes læring og udvikling” klart den største effekt på elevernes læring. Hun præsenterer en række redskaber (skemaer) til diagnostik af vilje til – og mulighed for – udvikling (lærerindivider, grupper, hele skoler) og anviser metoder til løsning.

2.7. Viden om betydningen af STEM-læreres grundlæggende overbevisninger

Der er en relativt stor mængde forskning både internationalt og i Norden, der med forskellige begrebssætninger som *beliefs* og *conceptions* har undersøgt betydningen af læreres grundlæggende overbevisninger for deres pædagogiske/didaktiske kompetencer. I nogle tilfælde refereres der endvidere til den måde, lærerne anskuer faget på (*attitudes*), deres forventning til egen håndtering af undervisning i faget (*self-efficacy*) og deres faglige identitet. I afsnittet her anvendes de engelske termer med reference til bestemte projekter. Formuleringer som ”grundlæggende overbevisninger” og ”måde at anskue faget på” bruges i opsamling på tværs af forskning, der har anvendt forskellige termer.

Forskningen i Norden har dels handlet om lærernes måde at anskue fagene på overordnet set, både naturfag (Andersen & Krogh, 2010; Nilsson & van Driel, 2011; Walan & Rundgren, 2014) og

matematik (Bulien, 2008; Hannula, 2016; Kaasila, Hannula & Laine, 2012; Lutovac & Kaasila, 2014; Skott, 2001; 2009), og dels om *beliefs* i relation til konkret STEM-indhold, fx matematiske definitioner (Mosvold & Fauskanger, 2013) og matematiske funktioner (Hansson, 2006). Desuden er der forskning, der fokuserer på *beliefs* i relation til et særligt didaktisk felt, som brug af IKT i undervisningen (Misfeldt, Jankvist & Aguilar, 2016).

Af mere overordnede resultater fra enkelte af disse referencer er det centralt, at grundlæggende overbevisninger i relation til et fag kan underinddeles. Bulien (2008) inddeler lærerstuderendes faglige *beliefs* inden for matematik i fire områder: *beliefs* ift. 1) faget matematik, 2) egen praktisering af matematik, 3) undervisning i matematik, og 4) hvordan man lærer matematik. Denne forskning viste ikke en sammenhæng mellem de lærerstuderendes tidligere *beliefs* og *attitudes* i relation til matematik og deres erfaringer og oplevelser med matematik på et kursus i læreruddannelsen. Halvdelen af dem overvurderede, hvordan de ville klare sig i det pågældende kursus, måske fordi matematik i læreruddannelsen viste sig at være meget anderledes end deres tidligere erfaringer med matematik (Bulien, 2008). Derfor understreges vigtigheden af at arbejde eksplicit med lærerstuderendes faglige *beliefs*. Misfeldt et al. (2016) har også undersøgt *beliefs* inden for det matematiske felt og korreleret med *beliefs* i relation til brug af teknologiske værktøjer i matematikundervisning. Deres resultater viser variationer i lærernes *beliefs* inden for teknologi og matematik, men at disse to typer af *beliefs* påvirker hinanden indbyrdes.

2.7.1. Sammenhæng mellem *beliefs* og praksis

En overordnet begrundelse for, at forskningen har fokuseret på læreres *beliefs*, er, at det internationalt er påpeget, at læreres *beliefs* kan være afgørende for, hvordan de praktiserer som undervisere i faget, dog uden at forskningen har kunnet vise entydige resultater om karakteren af disse sammenhænge (Kaspersen, Pepin & Sikko, 2016; Skott, 2001). I en dansk naturfagsdidaktisk kontekst har Andersen og Krogh (2010) vist, hvordan det, de begrebssætter som “*core teaching conceptions*”, påvirker biologi-, fysik- og matematiklæreres praksis, fx i relation til hvordan de engagerer sig i de nye tværdisciplinære undervisningstilbud i det danske gymnasium. De konkluderer, at der med reforminitiativer bør følge professionelle udviklingsaktiviteter, hvor der fx arbejdes eksplicit med lærernes “*core teaching conceptions*”. Sammenhæng mellem *beliefs* og praksis er også undersøgt i en dansk matematikdidaktisk kontekst (Skott, 2001, 2009). En nyuddannet matematiklærer, hvis forståelse af matematikundervisning var meget påvirket af den nyeste reform, er fulgt i den første undervisningspraksis, og det påpeges, at “*critical incidents*” i denne praksis kan være en vej til at komme til at forstå de komplekse sammenhænge i relation til matematiklæreres *beliefs* (Skott, 2001). Det problematiseres desuden, at forskning i en sammenhæng mellem *beliefs* og klasserumspraksis har fastholdt en individuelt orienteret præmis til trods for det øgede fokus på sociale interaktioners og konteksters betydning inden for øvrige dele af den matematikdidaktiske forskning (Skott, 2009). Kaspersen et al. (2016) problematiserer ligeledes de hidtil anvendte forskningsmæssige tilgange og fremhæver det som særligt problematisk, at de ‘instrumenter’, der hidtil er anvendt til at undersøge *beliefs* og praksis, er baseret på helt forskellige forståelser og

tilgange, hvad der udfordrer muligheden for at konkludere på relationen mellem disse forhold. Med dette afsæt præsenteres to Rasch-kalibrerede instrumenter til måling af hhv. lærerstuderendes *beliefs* og praksis, med særligt fokus på niveau af *teacher-centredness*. Analysen viser, at der er mulighed for direkte at sammenligne brug af disse to forskningsinstrumenter (Kaspersen et al., 2016).

2.7.2. Læreres fagligt orienterede identitet

Beslægtet med den forskning, der refereres til i det foregående afsnit, er der nordisk forskning, der ser på en sammenhæng mellem læreres fagligt orienterede identitet og deres praksis (Andersson, 2011; Kaasila, Hannula & Laine, 2012; Lutovac & Kaasila, 2014).

Over tid handler det fx om, at en lærers undervisning, i.e. i matematik, gradvist transformeres i takt med udvikling af egen faglig identitet gennem både opmærksomhed på nye og andre *muligheder*, fx for at interagere med eleverne, og *begrænsninger*, fx i relation til at kunne være den lærer, man ønsker at være (Andersson, 2011). Identitet ses altså ikke som fast, men som fluktuerende og hele tiden i udvikling. Dette giver store metodologiske udfordringer (Kaasila et al., 2012). Kaasila et al. (2012) har med en kombination af forskellige metodologiske tilgange fulgt en gruppe lærerstuderende, der som udgangspunkt havde et negativt syn på matematik, fra start til slut gennem faget i læreruddannelsen. De har på denne basis kondenseret forskellige temaer, der manifesterede sig i de lærerstuderendes italesættelse af egen identitet, og konkluderer bl.a., at der ved slutningen af uddannelsen er en sammenhæng mellem italesættelse af egen identitet og øget tiltro til sig selv som matematiklærer. Supplerende har Lutovac og Kaasila (2014) fulgt en gruppe lærerstuderende i to forskellige læreruddannelsesprogrammer, og de konkluderer, at de lærerstuderende på trods af meget ens matematisk baggrund har overraskende forskellige forløb i relation til udvikling i identitet, og at forskellige pædagogiske tilgange i de to læreruddannelser ser ud til at have stor betydning.

2.7.3. Fremadrettet – sammenhæng mellem overbevisninger og praksis

Baseret på ovenstående kondensering fra et meget bredt og spredt forskningsfelt er det ikke muligt inden for de enkelte typer af begrebssætninger at identificere 'huller' i forskningen. Det interessante i relation til den overordnede tematisering om udvikling af STEM-læreres pædagogiske/didaktiske kompetencer er, at der fortsat er stor brug for viden om sammenhænge mellem grundlæggende overbevisninger og praksis i klasserummet, og om hvordan der kan arbejdes med STEM-læreres overbevisninger i læreruddannelse og fortsatte udviklingsaktiviteter. Flere af de aktive forskere inden for feltet anbefaler endvidere metodologisk nytænkning (Kaasila et al., 2012; Kaspersen et al., 2016; Skott, 2009). Afslutningsvis henvises til afsnit 2.1, hvor det fremhæves, at grundlæggende overbevisninger er repræsenteret som "forstærkere og filtre" i den nyeste PCK-model (Gess-Newsome, 2015). Dette kan være en rammesætning i fremadrettet forskning, der netop ser på sammenhænge på tværs og på udvikling af læreres konkrete praksis i klasserummet.

3. Elevers motivation og interesse for STEM

Morten Rask Petersen

3.1. Resume af litteraturstudiets genstandsfelt 3

Dette afsnit handler om reviewspørgsmål 4: Hvilke indsatser, metoder og strategier kan ifølge eksisterende forskning udvikle *elevers motivation og interesse* for naturvidenskab, teknologi og it i dagtilbud og uddannelsessystemet? Litteraturstudiet viser:

- At små børns nysgerrighed over for naturen er overordentligt stor. Det kan dog være en udfordring på dagtilbudsområdet at omsætte nysgerrigheden til læring. Der er indikationer på, at en undersøgelsesbaseret tilgang til naturen og naturfænomener kan være en løsning på dette problem. Generelt er det en udfordring, at børns nysgerrighed daler gennem børnenes udvikling og på vej gennem uddannelsessystemet.
- At generelt kan bestemte undervisningsformer være med til at styrke motivationen hos elever. Undersøgelsesbaseret undervisning synes især at være en motiverende faktor, der kan bruges hele vejen gennem uddannelsessystemet. Det er her en udfordring, at denne tilgang til undervisningen kan være svær at håndtere for både lærere og pædagoger.
- At der har været et massivt politisk fokus på øget optag på videregående STEM-uddannelser. Men de unges uddannelsesvej synes svær påvirkelig på ungdomsuddannelsesniveau. Det er ikke nødvendigvis konstruktivt alene at betragte valgmønstre som et *leaking pipeline*-problem – der er unge, der på et tidspunkt 'vender tilbage' til STEM-fagene, men der er ikke umiddelbart evidens for, at arbejdet på at øge interesse og motivation på ungdomsuddannelser kan lede til STEM-karrierevalg.
- At på trods af et stort fokus på specielt overgangen mellem grundskole og ungdomsuddannelse samt overgangen fra ungdomsuddannelse til videregående uddannelse oplever eleverne stadig, at der er et meget stort spring i disse overgange både i forhold til fagligt niveau og undervisningskulturer.
- At der generelt mangler mere viden om de forskellige overgange i uddannelsessystemet. Det gælder ikke kun fra sekundært til tertiært niveau, men også overgange mellem dagtilbud og grundskole samt overgange internt i grundskolen mellem indskoling og mellemtrin samt mellemtrin og overbygning.
- At der er væsentlige sammenhænge mellem interesse for STEM og aktiviteter uden for klasserummet – herunder i høj grad STEM-relaterede hobbyer osv. Der mangler dog mere specifik viden om fx kausaliteten i denne sammenhæng. Frem for alt kan det være nyttigt i Danmark at indføre begrebet om *science capital*, der stammer fra det britiske ASPIRES-projekt. Der er klare indikationer på, at børns og unges adgang til viden om og erfaringer

med naturvidenskab, typisk i hjemmet, er en bærende faktor for barnets/den unges identitetsopbygning i forhold til STEM.

3.2. Indledning

De efterfølgende dele af afsnittet er struktureret således, at der først vil være en kort afklaring af de centrale begreber interesse og motivation. Herefter vil de mest betydelige tematikker fra litteratursøgningen blive behandlet, i forhold til hvad vi ved, og hvilke udfordringer der er, set i forhold til uddannelsesniveauer. Endelig vil disse resultater og udfordringer blive diskuteret, i forhold til hvad vi umiddelbart kan bruge dette til fremadrettet, samt hvad der mangler viden om inden for dette genstandsområde.

3.3. Viden om motivation og interesse: et overblik over genstandsfeltet

Udgangspunktet for motivation og interesse er, at man er motiveret *for* noget eller interesseret *i* noget. I daglig tale bliver disse begreber ofte sat som synonym, men i forhold til dette litteraturreview er det væsentligt at skelne mellem begreberne, da det giver nogle meget forskellige resultater inden for forskningsområdet, om man kigger på motivation eller på interesse (Renninger & Hidi, 2016).

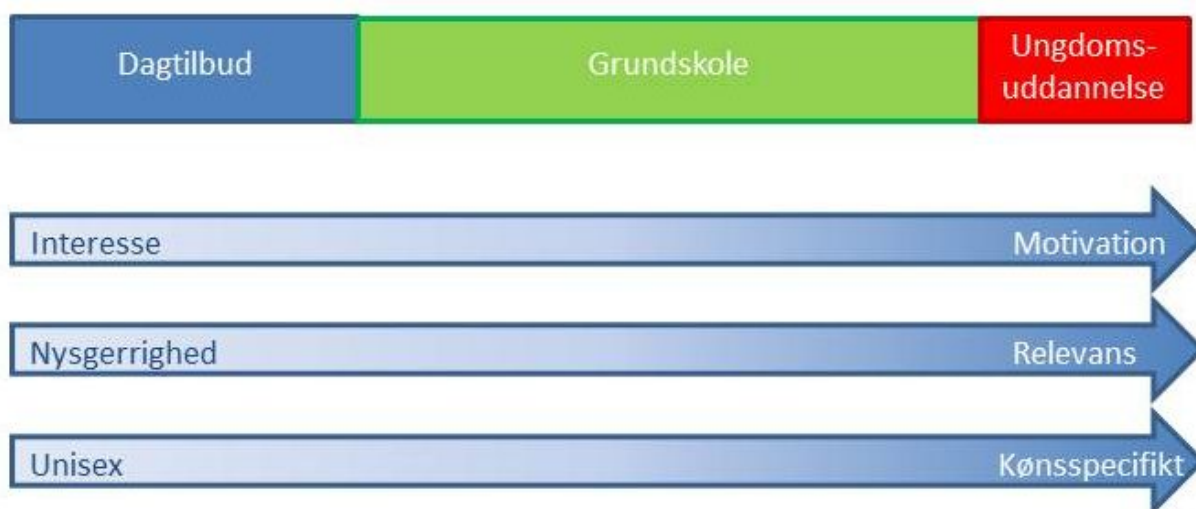
Som nævnt er man motiveret for noget. Så at være motiveret for naturvidenskab, teknologi eller it betyder i den sammenhæng, at man har et mål med det. Man kan se for sig, hvor man vil hen. Omvendt er det med interessen. Når man er interesseret i naturvidenskab, teknologi eller it, er der ikke nødvendigvis et mål med det. Det er indholdet i sig selv, der er det interessante. Når der i dette review derfor kigges på motivation, ses der altså på, hvilket mål eleverne har med at beskæftige sig med naturvidenskab, teknologi eller it, mens der i forhold til undersøgelser af interesse ses på, hvad det er i dette, som fanger eleverne.

Det er denne grundlæggende skelnen mellem begreberne, der ligger til grund for analysen af artiklerne i dette review. Når der tilføjes yderligere begreber som relevans, nysgerrighed, engagement, vilje, værdi m.m., vil disse blive tolket ind i den grundlæggende skelnen mellem motivation og interesse.

I forhold til motivation er udgangspunktet for flertallet af artiklerne enten *expectancy-value*-teorien (som baggrund for, hvad man er motiveret *for*) (Wigfield & Eccles, 2000) eller *self-determination*-teorien (som baggrund for, hvad man er motiveret *af*) (Ryan & Deci, 2000), mens interessebegrebet oftest udfoldes i forhold til *person-object*-teorien (Krapp, 2002) eller 4-fase-modellen for interesseudvikling (som baggrund for, hvad man er interesseret *i*) (Hidi & Renninger, 2006).

Et andet overordnet udgangspunkt for de fundne artikler er, at fokus synes at gå fra at være på interesse for de yngre børn i retning af motivation for de ældre. Dette ses, bl.a. ved at der er en stor repræsentation af undersøgelser med fokus på rekruttering og fastholdelse til naturvidenskabelige, tekniske og it-uddannelser, når man kommer højere op i uddannelsessystemet.

Figur 4 viser nogle af de generelle fokusskift, der er fundet i undersøgelserne i dette review. Ud over det teoretiske skift af position fra interesse til motivation findes der også et fokusskift fra børnenes/elevens nysgerrighed i retning af deres egen opfattelse af relevans.



Figur 4: En oversigt over – for genstandsfelt 3 – væsentlige retningers skift af fokus gennem uddannelsessystemet.

I forhold til skift i fokus fra interesse og nysgerrighed på dagtilbudsområdet til motivation og relevans på ungdomsuddannelsesområdet er det relevant, at det kan hænge sammen med et institutionelt og et finansieringsmæssigt forhold.

Fra et institutionelt perspektiv er det centralt, at dagtilbuddene (indtil videre) ikke har et valgfokus, fordi alle fortsætter på grundskoleniveau. Der er altså mulighed for, at børnene kan være nysgerrige og interessere sig for forhold, uden at det nødvendigvis skal lægges ind i faste bekendtgørelsesrammer – også selvom der er et fastlagt læringsmål. For de ældre elever er naturfagene i skolen defineret ud fra nogle indrefaglige logikker, og samtidig er de unges identitetsprojekter og kulturelle orienteringer bredere end skolen. Naturfagene i skolen skal derfor trænge ind til den unge (relevans), mens der (foreløbig) i dagtilbuddene i højere grad kan arbejdes indefra og ud. Forskellen i fokus er derfor muligvis til en vis grad udsprunget af feltet snarere end af forskerne selv. Fra et finansieringsmæssigt perspektiv er det centralt, at forskning i naturfag gennem de seneste 20 år har haft et stort fokus på rekruttering og fastholdelse. Der er derfor givet bevillinger til at få unge *ind* på uddannelser, men mindre til, hvad der sker, når de først er kommet indenfor. De konklusioner,

reviewet kan finde, afspejler således i vid udstrækning, hvad der på politisk plan er blevet spurgt om.

I undersøgelser fra daginstitutioner og indskoling er der sjældent tale om kønsspecifikke undersøgelser, mens der højere oppe i uddannelsessystemet kommer et væsentligt større fokus på drenges og pigers forskellige interesser både i forhold til specifikke naturfaglige og tekniske emner og i forhold til fremtidigt studievalg. I den fundne litteratur er der gennem netværksanalysen blevet identificeret grupper af artikler, der kredser om samme emne. Nogle grupperinger består kun af en enkelt artikel. Grupperingerne er fremkommet gennem en systematisk analyse som beskrevet tidligere i rapporten. Denne analyse har ikke identificeret, hvilke temaer de enkelte grupper kredser om.

I forhold til interesse for naturvidenskab og valg af uddannelse er ASPIRES-projektets begreb *science capital* væsentligt: Det henviser til børnenes og de unges adgang til viden om og erfaringer med naturvidenskab, typisk i hjemmet (Archer, Dawson, DeWitt, Seakins & Wong, 2015; Archer et al., 2012). Det er en anden måde at finde en forbindelse mellem forældrenes uddannelses- og erhvervsbaggrund og de unges valg. ASPIRES-projektet er i øvrigt også et eksempel på et projekt, som arbejder med identitet, og hvilke mulige identiteter der er adgang til (Archer, Dewitt & Osborne, 2015; Archer et al., 2010). Fx har det vist sig, at børn, der uafhængigt af deres families støtte, efterfølger en STEM-relateret interesse, er meget mere i risikogruppen for at miste tilknytningen til STEM-området; her er de familiebaseede forhold til STEM-området (eller rettere dele heraf) en væsentlig faktor i barnets aspiration og identitet i forhold til STEM på kort og lang sigt (Archer et al., 2012). For mere om identitet i forhold til STEM se afsnit 4.

Der er generelt en del forskning omkring forholdet mellem interesse/motivation og aktiviteter uden for klasserummet (for en gennemgående international oversigt se Rennie, 2014). Fx viser en række større undersøgelser, at der er en sammenhæng mellem unges interesse for/søgning til STEM og deltagelse i STEM-relaterede aktiviteter uden for klasserummet – dette gælder især for de unge, der jævnligt deltager i STEM-relaterede forenings-/klub-/konkurrenceaktiviteter uden for skolen (se fx Dabney et al., 2012; Stake & Mares, 2005). På samme måde er der evidens for, at begrundelser for valget af en videregående STEM-uddannelse hænger sammen med STEM-relaterede aktiviteter uden for skolen – såsom STEM-relaterede hobbyer (Naizer, 2010; Venville, Rennie, Hanbury & Longnecker, 2013). Der er generelt indikationer på, at STEM-relaterede aktiviteter uden for skolen kan være med til at understøtte udviklingen af *science capital*, som så er med til at skabe grobund for en vedvarende interesse for STEM (Rennie, 2014). Der er generelt behov for mere viden om kausaliteten mellem børns og unges interesse for STEM og deres deltagelse i STEM-relaterede aktiviteter uden for klasserummet – som Dabney et al. (2012) påpeger, er det ikke altid tydeligt (fx i evaluerings- og forskningsrapporter), om barnets eller den unges interesse for STEM var en anledning til eller et resultat af en konstruktiv deltagelse i STEM-relaterede aktiviteter uden for skolen.

I det følgende vil hvert af de tre uddannelsesniveauer blive gennemgået i forhold til viden og udfordringer på det specifikke område. Det vil således være en kronologisk gennemgang af

børnenes vej gennem uddannelsessystemet med referencer til, hvor på deres vej de støder på de enkelte temaer.

3.4. Viden om motivation og interesse for naturfag/-videnskab

3.4.1. Viden om motivation og interesse for naturforhold i dagtilbud

I 2004 blev der indført pædagogiske læreplaner i dagtilbuddene i Danmark. Et mål i disse planer er 'Naturen og naturfænomener'. I forhold til motivation og interesse blandt denne målgruppe er der som nævnt primært fokus på interesse set i form af nysgerrighed eller videbegærlighed (se eksempelvis Elfström, 2014).

Både før og efter indførslen af de pædagogiske læreplaner har der været arbejdet med naturen i dagtilbuddene, omend det først er fra 2004, at det blev et lovkrav. Måden, hvorpå der arbejdes, er også i rimelig grad beskrevet gennem undersøgelser i Norden. I litteraturen er tilgange til arbejdet med naturen ofte beskrevet som, at naturen er selv-instruerende (Broström, 2013; Broström & Frøkjær, 2013; Ejbye-Ernst, 2012a). Med det menes, at der fra pædagogisk side bliver lagt op til, at børnene umiddelbart kan tilegne sig naturen og naturens fænomener gennem deres egen leg og undersøgelse og uden egentlig understøttelse af voksne. Samtidig ses der også, at de voksne ofte stopper børnenes egne undersøgelser ved at komme med svar på spørgsmål, som børnene endnu ikke er færdige med at undre sig over (Broström & Frøkjær, 2015; Thulin, 2001). En amerikansk undersøgelse viser, hvorledes instruktioner kan være med til at dæmpe børnenes nysgerrighed (Bonawitz et al., 2011). Samtidig er det dog også sådan, at de sammenhænge og forklaringer, som børn kommer op med uden hjælp eller instruktion, ofte er meget langt fra naturvidenskabelige forklaringer (Elfström, 2014).

Når man ser på den viden, der eksisterer omkring børns motivation og interesse for naturvidenskab, teknologi og it i dagtilbuddene, fremstår der således et billede af børn, som er overordentligt nysgerrige i forhold til emnerne og gerne omsætter deres nysgerrighed til handling. Oftest er denne handling dog ikke nok til, at børnene får en forståelse af, hvad det er for fænomener, de arbejder med.

En foreslået løsning på dette dilemma findes flere steder i brugen af en undersøgelsesbaseret tilgang til naturen og naturfænomener (Broström & Frøkjær, 2015; Elfström, 2014; Eshach, 2003). Her ses der i de gode tilfælde, at børnenes nysgerrighed og gåpåmod bliver stimuleret, og spørgelysten og undersøgelsestrangen bliver styret i retning af, at børnene får mere naturvidenskabelige arbejdsmetoder og mere accepterede forståelser af de fænomener, de arbejder med.

Udfordringen i denne didaktiske tilgang er dog oftest, at pædagogerne skal indtage en anden og uvant rolle, i forhold til hvordan de plejer at agere i forhold til børnene. I det hele taget er det ikke nødvendigvis børnenes interesse og motivation, der er den store udfordring i dagtilbud, men derimod de rammer, som børnene har mulighed for at udfolde sig under.

I en rapport fra Danmarks Evalueringsinstitut (2015) konkluderes det, at der er store udviklingsmuligheder inden for læreplanstemaet ”Naturen og naturfænomener”. Netop dette læreplanstema er der blandt pædagoger ofte fokuseret mindre på end de øvrige læreplanstemaer. Rapporten peger på, at årsagerne til dette, er både manglende interesse og manglende kompetence blandt pædagogerne, samtidig med at der er en meget bred fortolkning af selve læreplanstemaet. I praksis betyder det, at læreplanstemaet rammesættes inden for tre forskellige kategorier, nemlig i) en udelivstilgang, ii) en naturtilgang og iii) en science-tilgang.

Udelivstilgangen er her et fællestræk for daginstitutioner. Der lægges stor vægt på, at børn kommer ud i naturen og får sanseoplevelser. Naturtilgangen er også udbredt i daginstitutioner. Her arbejdes både ude og inde med biologien i fokus. Endelig er den mindst udbredte science-tilgang, hvor der arbejdes med eksperimenter og kvantificering gennem måling og vejning. Det er især i de to sidste tilgange, at der er et udviklingspotentiale i forhold til at få børn og voksne til at arbejde mere med læringsmål frem for sanseoplevelser.

Erfaringer fra undersøgelser viser, at selv små tiltag i retning af en kvalificering af rammer for naturfag i daginstitutioner kan have gode resultater både for pædagoger (Eshach & Fried, 2005) og for pædagogstuderende¹⁴.

3.4.2. Viden om motivation og interesse for naturfag i grundskolen

Der er lavet yderst mange undersøgelser af interesse og motivation på grundskoleniveau. En af årsagerne er naturligvis, at der her er set på det skoleniveau, der strækker sig over det største tidsrum. Samtidig er det også et niveau, hvor der sker en meget stor udvikling af eleverne, fra de starter i skolen, til de går videre på ungdomsuddannelser. Dette betyder også, at der er meget forskelligt fokus på, hvordan interesse og motivation undersøges, i forhold til hvor man befinder sig på grundskoleniveauet. Generelt er de danske undersøgelser i grundskolen delt i to grupper, hvor der på den ene side undersøges Natur og Teknologi i indskoling og på mellemtrin og på den anden side biologi og fysik/kemi i overbygningen. Der findes i dette review meget lidt materiale om overgangen mellem disse to grupper i grundskolen. Der fremtræder også nogle forskellige karakteristika for de to grupper. I gruppen for Natur og Teknologi er der primært fokus på elevernes interesse for faget og dermed en lyst til at lære (Alm & Samuelsson, 2009; Broch & Egelund, 2001; Broch & Egelund, 2002a, 2002b; Caspersen, 2012a; Egelund & Hulvei, 2002; EVA, 2001; Wistoft & Stovgaard, 2012). Et undertema, som også kommer i spil her, og som fremkommer i netværksanalysens niveau 2,2, er den kropslige tilgang til naturfagsundervisningen (Broström, 2013a; Dahlgren Johansson & Sumpter, 2010; Wistoft & Stovgaard, 2012). Fra artikler i dette review ved vi, at interessen for Natur og Teknologi er til stede. Brugen af it kan understøtte en sådan interesse i at udvikle sig. Det er dog ikke gjort ved at fokusere på de faglige emner. Måden, som

¹⁴ Ahrenkiel, L., Michelsen, C. & Nielsen, J. *unpub data*.

undervisningen struktureres på, har en væsentlig indflydelse på elevernes interesse, motivation og engagement. Som på dagtilbudsområdet er den undersøgelsesbaserede tilgang til undervisningen fremhævet som et bud på, hvordan elever kan arbejde med temaer på en både affektivt og kognitivt tilfredsstillende måde (Caspersen, 2012a; Dohn, 2014). Et andet fokus, som svagt fremkommer i litteraturen, er leg og læring gennem computerspil (Jessen, 2001). For gruppen af indskolings- og mellemtrinselever kan it og computerspil understøtte en positiv attitude over for de naturfaglige emner. Men her kommer kønsaspektet også for første gang for alvor på banen, idet drenge synes mere optagede af computerspillene end pigerne – især jo længere op i skolegangen man kommer. Et fokuspunkt i anvendelsen af computerspil som lærings- og motivationsmedie skal dog være, at det bliver anvendt til mere end blot leg. Fokus må ikke flyttes så meget fra indholdet, at det bliver ren konkurrence. I så fald vil der ikke være noget interesse- eller læringsudbytte af spillene (Petersen, Kragelund, Elkjær & Poulsen, 2014).

Fokus i litteraturen begynder at skifte, når man ser på undersøgelser fra overbygningen. Her er der en stor del litteratur omkring resultater fra internationale undersøgelser som PISA, TIMSS og ROSE. På disse områder findes der en stor mængde nordisk litteratur (for undersøgelser vedrørende PISA se eksempelvis A.M. Andersen et al., 2001; Kjærnsli & Lie, 2011; Lavonen & Laaksonen, 2009; Serder & Jakobsson, 2015b), (for undersøgelser vedrørende TIMSS se eksempelvis Hoff, 2001; Serder, Sørensen & Jakobsson, 2011; Turmo, 2005; Weng, 1996), (for undersøgelser vedrørende ROSE se eksempelvis H. Busch, 2005; Sjøberg & Schreiner, 2010; Uitto, Juuti, Lavonen, Byman & Meisalo, 2011).

Mens de internationale undersøgelser TIMSS og især PISA har haft stor indflydelse på fagligheden i grundskolen, så har ROSE-undersøgelsen (The Relevance Of Science Education) ført til en debat omkring elevernes interesse i og motivation for naturfagene. Dette på trods af at undersøgelsen faktisk ikke har til intention direkte at undersøge interessen ud fra den teoretiske forståelse af begrebet (Albrechtsen, 2009). Gennem en international spørgeskemaundersøgelse fremkommer ROSE-projektet bl.a. med en række naturfaglige og tekniske emner, som 15-årige elever selv giver udtryk for at være interesseret i at lære mere om (Henrik Busch & Sørensen, 2005). En af de vigtigste faktorer til at skille disse emner ad bliver kønsforskellen i interessante emner. Undersøgelsen viser en meget tydelig forskel i, hvilke emner drenge og piger har lyst til at beskæftige sig mere med. Det er dog igen vigtigt at understrege, at på trods af at nogle emner har mere appel til specifikke målgrupper end andre emner, så er det ikke kun emnet, der fastholder eller øger interessen. Det kommer i mindst lige så stor grad fra den måde, som der arbejdes med emnet på (Anderhag, 2014; Dohn, 2014; Juuti, Lavonen, Uitto, Byman & Meisalo, 2010). En af de metoder, der ser ud til at fremme interessen blandt disse ældre elever i grundskolen, er brugen af samfundsmæssige problemstillinger i naturfags/-videnskabsundervisningen – se afsnit 1.4.3 (Ekborg, Ideland & Malmberg, 2009). Gennem brugen af sociale dilemmaer kan det naturvidenskabelige indhold i sådanne dilemmaer bruges som en anden tilgang til at anvende naturfagene, så eleverne oplever en relevans af deres naturfaglige viden. Som det fremgår af figur 4, er der her sket et fokusskift fra en grundlæggende nysgerrighed i retning af, at indholdet skal have en personlig relevans.

Et andet tema, som begynder at fremkomme i grundskolens overbygning, og som bliver væsentligt mere dominerende på ungdomsuddannelserne, er fremtidigt uddannelsesvalg (Hoff, 2001; Pless & Katznelson, 2005; Ramberg & Kallerud, 2000). Temaet fremgår også som en del af ROSE-undersøgelsen, hvor danske unge kommer til at fremstå som kritiske naturfagsoptimister, set i den forstand at ungdommen har tiltro til, at naturvidenskaben nok skal komme op med løsninger på en række af de problemer, vi står med. Det er blot ikke de unge selv, der ønsker at være med i udviklingen af disse løsninger (H. Busch, 2005).

Interessen for naturfag, teknologi og it ser dog ud til at have en stor betydning for valg af ungdomsuddannelse, omend Pless og Katznelson (2005) i deres undersøgelse af dette valg også kommer frem til, at en ydre påvirkning fra forældre, søskende og medier kan have en væsentlig rolle i valget eller fravalget af naturfagene.

3.4.3. Viden om motivation og interesse for naturvidenskab på ungdomsuddannelsesniveau

Som nævnt bliver der på ungdomsuddannelsesniveau i væsentlig grad fokuseret på undersøgelser af motivation for at vælge naturfaglige og tekniske uddannelser. Egentlige undersøgelser af elevernes interesse i selve indholdet i fagene er fåtallige (Bøe, 2012; Dohn, 2007; Petersen, 2012a). Disse undersøgelser beskæftiger sig mest med, hvordan interessen fremstår hos de elever, der allerede er interesseret. I det hele taget virker det i litteraturen, som om eleverne på ungdomsuddannelserne allerede har truffet valg om fremtidig studieretning, når de starter, og ikke lader dette valg påvirke af eksempelvis naturvidenskabeligt grundforløb på stx (EVA, 2009; Rambøll, 2006). I forhold til rekruttering til de tekniske og naturvidenskabelige videregående uddannelser er det altså på ungdomsuddannelsesniveau mere et spørgsmål om at få færre til at falde fra, end det er et spørgsmål om at få flere til at blive interesseret. Det er dermed en udfordring for ungdomsuddannelserne at gøre eleverne bedre til at træffe velovervejede valg i forhold til fremtidig uddannelse. Som nævnt for elevernes uddannelsesvalg efter grundskolen, så er der mange andre faktorer end interesse for det enkelte fag, der spiller ind i elevernes valg. Ofte har eleverne svært ved at se, hvilke muligheder de tekniske og naturvidenskabelige studieretninger og uddannelser kan give dem, og hvad der kunne være relevant for drenge, virker ikke relevant for piger (C.J. Jensen, 2006). Som vist i figur 4 bliver kønsforskellene også endnu tydeligere på ungdomsuddannelserne. Derudover er uddannelsernes opbygning og adgangskrav væsentlige faktorer: Hvis man skal læse en naturvidenskabelig videregående uddannelse, kræver det oftest naturvidenskab på A- eller B-niveau, og så er det sent at beslutte sig, når man er i slutningen af gymnasiet – især hvis suppleringsmulighederne begrænses.

Samtidig er der noget, der tyder på, at det er for simpelt kun at tale om '*the leaking pipeline*'; der er nogle, som kommer ind i pipeline igen. Fx fandt P.M. Sadler et al. (2012), at den største forudsigende faktor bag interesse ved udgangen af ungdomsuddannelsen var interessen ved indgangen til ungdomsuddannelsen; så det er ikke nødvendigvis futilt at gøre noget ved interesse og motivation på ungdomsuddannelsesniveau (se også Poulsen, 2015).

I forhold til den specifikke undervisning, så er et punkt, som også skinner igennem i litteraturen og i netværksanalysens niveau 2,4, at især fysikfaget fremhæves som et svært fag (Angell, Henriksen & Isnes, 2003; Jens Dolin, 2002; Krogh & Thomsen, 2001; Troelsen, 2012). Undersøgelser viser dog igen, at også på ungdomsuddannelserne kan en undersøgelsesbaseret tilgang til fagene – herunder også fysik – have en positiv indvirkning på elevernes motivation (Juntunen & Aksela, 2013; Juuti & Lavonen, 2016). Der er således muligheder for at fastholde elevernes interesse gennem undervisningen. Kroghs (2006) arbejde omkring *Cultural Border Crossing* er særlig derved, at det analyserer fagbekendtgørelsen for fysik i forhold til de værdier, som ligger i ungdomskulturen, og finder en høj grad af uoverensstemmelse. Det er altså ikke nødvendigvis undervisningsformerne alene, som svækker elevernes interesser, men også fagenes indholdsbeskrivelser.

3.5. Viden om motivation og interesse i matematik

Matematikken vil i dette kapitel blive behandlet som et særskilt afsnit, der ikke opdeles efter uddannelsesniveau, på samme vis som naturfagene blev gjort. En årsag til dette er, at matematikken i den fundne litteratur ikke optræder som fokuspunkt i dagtilbud overhovedet. En anden årsag er, at motivationen og interessen for matematik sjældent er det primære tema, men derimod oftest ses som værende noget, der udspringer af en læring og dybere forståelse af matematikken. Endvidere kan matematikken ses som to separate områder, der enten beskæftiger sig med matematik i anvendelse eller med ren matematik. Den rene matematik er ikke repræsenteret i særligt omfang i litteraturen i dette review. Det eneste specifikke studie omhandler algebra i undervisningen (Persson, 2010), mens der også findes noget litteratur om en filosofisk og matematikhistorisk tilgang til undervisningen i faget (Jankvist, 2008, 2009, 2014). Der er dog som nævnt ikke noget specielt fokus på motivation eller interesse, hvilket gør det svært at udlede noget konkret på dette område.

I området omkring anvendt matematik findes der derimod en del litteratur, der læner sig op ad den viden, der allerede er præsenteret for naturfagene. Når matematikken skal anvendes, skal den naturligvis anvendes sammen med et genstandsområde. Her er naturfagene ofte det område, som der spilles sammen med. Især faget fysik har et stort overlap og samspil med matematikken (se eksempelvis Angell, Kind & Henriksen, 2008; Dolin, 2003; Michelsen, 2005), men også andre fag som kemi (Rasmussen & Petersen, 2013) og teknologi (Bungum, Manshadi & Lysne, 2014).

Meget ofte bliver matematikkens samspil med andre fag set i lyset af modellering (se eksempelvis Blomhøj & Jensen, 2003; Frejd & Ärleback, 2011; Jensen, 2009; Michelsen & Iversen, 2009). Her bliver selve modelleringsprocessen oftest anset som værende motiverende i sig selv. I de få studier, der er lavet specifikt på affektion og motivation i matematikundervisning (Hannula, 2006; Hannula et al., 2016; Kaasila, Hannula, Laine & Pehkonen, 2008), fremhæves det netop også, at det er givtigt at arbejde med meningsfulde kontekster og konkrete materialer og problemstillinger, hvilket kan ses i samspillet med matematisk modellering.

I det hele taget er der et stort fokus på at vise relevansen af matematikken som eksempelvis et værktøj til at fremme en forståelse af demokratiet (Skovsmose, 1998) eller i samspil med socio-videnskabelige temaer (Christiansen, 1997). Her er der især fokus på den matematiske ræsonnementskompetence. Det er også det fokus, der ofte findes, når matematikken inddrages i undersøgelsesbaseret undervisning (se eksempelvis Alrø & Johnsen-Høines, 2012; Sikko, Lyngved & Pepin, 2012).

Samlet set er der i dette review fundet en del materiale fra matematikere, der fremhæver matematikkens relevans over for eleverne. Dette har også været et fokuspunkt i forbindelse med den viden, der er fremkommet angående naturfagene. Men hvor naturfagene også har undersøgelser af selve indholdet og forskellige temaer, er det fraværende i litteraturen om matematikken. Her er der nærmest udelukkende fokus på måden, man arbejder med matematikken på. Når vi ser på motivation og interesse i STEM-fagene, er der altså en mulighed for, at vi skal anskue matematikfaget på en anden måde end de øvrige fag. Men her er der et hul i den eksisterende viden, som gør, at dette indtil videre blot er overvejelser.

4. Personalisering i STEM

Helle Mathiasen

4.1. Resume af litteraturstudiets genstandsfelt 4

Dette afsnit handler om reviewspørgsmål 4: Hvilke indsatser, metoder og strategier kan ifølge eksisterende forskning tilgodese personalisering – ved at understøtte forskellige børne- og elevgrupper i forhold til de naturfaglige/-videnskabelige fagområder i dagtilbud og uddannelsessystemet? Litteraturstudiet viser:

- At it-brug, som fx i-bøger, adaptive træningsprogrammer og netbaserede kommunikationsfora, inviterer til en didaktisk tænkning, hvor personalisering er et udgangspunkt. Forskningslitteraturen viser, at it kan være et vigtigt pædagogisk og didaktisk redskab, når fokus er på den enkelte elevs muligheder for at lære sig det, der fordres.
- At it, brugt som produktions-, kommunikations- og delingsværktøj, har et generelt læringspotentiale. Det samme gælder brugen af en bred vifte af digitale undervisningsmaterialer/-medier og netbaserede læringsressourcer. Yderligere viser litteraturen, at programmer til opsamling af data og diverse databehandlings-, visualiserings- og simuleringsprogrampakker er anvendt inden for de naturfaglige/-videnskabelige fagområder.
- At personalisering og relaterede begreber som undervisningsdifferentiering, elevdifferentiering, individualisering og elevcentrering bliver koblet til en flæthed af it-anvendelser. Teknologien kan derfor understøtte en pædagogisk/didaktisk tilgang, der har fokus på den enkelte elev og dennes mulighed for at lære sig det, der er intentionen ifølge læreplansmål.
- At koblinger mellem it-brug, personalisering og de naturfaglige/-videnskabelige fagområder typisk aktualiserer en mere tilpasset brug af it som læringsressource målrettet den enkelte elev, når det drejer sig om faglige 'træningsprogrammer' (adaptive læringsressourcer), i- og e-bøger samt en bred vifte af netbaserede freeware-læringsressourcer i undervisnings- og læringsmiljøet. Inden for de gymnasiale uddannelser er det bl.a. kommunikationsfora til individuel vejledning i it-brug, der ses som et didaktisk potentiale og en aktivitet, der givetvis kunne få en større udbredelse under de rette betingelser, som bl.a. inkluderer udvikling af lærernes didaktiske kompetence, nytænkning af campus, tilstedeværelsestid og økonomi.
- At koblingerne mellem it-brug, de naturfaglige/-videnskabelige fagområder og begrebet personalisering inden for både dagtilbud og uddannelsessystemet generelt bør være et forskningsmæssigt fokus fremadrettet.

- At der er væsentlige koblinger mellem køn, interesse for de naturfaglige/-videnskabelige fagområder og intentionen om personalisering. Litteraturstudiet har vist, at der er flere aspekter af en kønsspecifik tilgang til science-fag og til science-undervisning. Interessen viser sig at dale i løbet af tiden i uddannelsessystemet. Endvidere viser studier, at børns hverdagsforståelse inden for science-fagene ikke bliver 'udfordret' tilstrækkeligt. Yderligere viser studiet, at organisationsformer og lærerbesætning (køn) kan have betydning for pigers og drenges deltagelse i undervisningen. Inden for science-fag er der en kønsmæssig forskel på valg af fag og ligeledes en kønsrelateret tilgang til egne evner inden for de enkelte fag. Nogle fag betragtes som lettere end andre, og nogle betragtes som mere maskuline end andre.
- At kønsforskelle er en aktuel optik, men også en optik, der kan 'gøre blind'. Ofte er der tale om komplekse forhold, når det handler om elevers tilgang til STEM-fag, -undervisning og -uddannelser. Et relevant spørgsmål er derfor, hvorfor elever vælger, som de gør, set i et bredere perspektiv, hvor bl.a. kulturelle perspektiver, elevopfattelser, -erfaringer, -interesse, identitetsønsker og -idéer er i fokus.
- At institutionskultur og samfundsmæssige kulturelle implikationer har stor betydning for tilgangen til egen identitet og valg af fag. Endelig viser studiet, at personalisering i form af udvælgelse af talenter til særlige talentprogrammer og kontekst for denne talentudvikling har udfordringer.
- At der på området ofte er tale om casebaserede studier inden for de naturfaglige/-videnskabelige fagområder i dagtilbud og i uddannelsessystemet. Der er ikke fundet større nationale og internationale kvantitative forskningsstudier, hvor begrebet personalisering og relaterede begreber har været i fokus, når det specifikt handler om de naturfaglige/-videnskabelige fagområder. På den baggrund bør der opfordres til mere forskning inden for dagtilbud og i uddannelsessystemet med fokus på personalisering og kontekster for personalisering, inklusive nytænkning af læringsressourcer og indholdsmæssige tilgange til de enkelte STEM-fag.

4.2. Indledning

Dette afsnit behandler begrebet *personalisering* inden for det naturfaglige/-videnskabelige område – herunder differentiering, og individualisering – samt viden om it-brug, køn og talent i forbindelse med personalisering af undervisningen. Afsnittet tager specifikke temaer op, der teoretisk har vist sig at have implikationer i forhold til personalisering.

Analysefeltet, som dette afsnit behandler, er naturligvis stærkt koblet til genstandsfelt 1 og genstandsfelt 3 i relation til de grundlæggende konditioner for en intenderet styrkelse af personalisering i undervisningen. Derfor er læring, undervisning, motivation og interesse for naturvidenskab og teknologi/it knyttet til elevernes mulighed for at opleve, at lærings- og

undervisningsmiljøer inviterer til aktiviteter, der har eller vækker den enkelte elevs interesse og kan motivere til aktiv deltagelse i de undervisningsrelaterede aktiviteter. Og dermed knytter analysefeltet i dette afsnit også an til genstandsfelt 2, Udvikling af pædagogs og lærernes pædagogiske/didaktiske kompetencer.

Indledningsvis vil selve begrebet personalisering blive behandlet i lyset af litteraturstudiet. Derefter følger tematiserede afsnit på tværs af dagtilbud og uddannelsessystemet. Afsnittet afsluttes med en opsamling og perspektivering.

4.3. Viden om personalisering: en begrebslig oversigt

Begrebet personalisering er blevet brugt siden 1960'erne (Epstein et al., 1961). Begrebet er siden blevet brugt i flere forskellige kontekster. Eksempelvis anvendes begrebet inden for medicinalindustrien og reklamebranchen. Muligheden for at koble henholdsvis patientinformation med medicinrecept og digitale spor med specifikke brugerdata i forbindelse med fokuseret reklame på sociale medier er eksempler på brugen af begrebet personalisering til målrettet at koble udbyder og adressat. Begrebet personalisering er således inden for fx sundheds- og erhvervs-/økonomisystemet brugt som en term, der indikerer en intention om, at produkt og information skal tilpasses hver enkelt person.

Når genstandsfeltet er dagtilbud og uddannelsessystemet, bruges begrebet i overvejende grad som et pædagogisk og didaktisk perspektiv på læring og undervisning. Begrebet er siden 00'erne gradvist blevet noget mere anvendt i videnskabelige sammenhænge. Personalisering i denne kontekst handler om præmisser for at kunne aktualisere personaliseret læring og dermed et fokus på den enkelte elevs forudsætninger og faglige, personlige og sociale udvikling. Begrebet kobler sig således både til elevernes læringsaktiviteter og lærernes planlægning, gennemførelse og evaluering af undervisningen, og dermed har begrebet et dobbelt fokus, nemlig på henholdsvis lærernes og elevernes valg og aktiviteter. Begrebet personaliseret læringsmiljø omfatter den konkrete kontekst, som elever kan agere i. Den engelsksprogede litteratur bruger betegnelsen *personal learning environment*, men uden enighed om en definition, og hvilke underbegreber der skal inkluderes (Fiedler et al., 2011).

Litteraturen skelner ofte ikke eksplicit mellem personalisering, individualisering og differentiering. En del af litteraturen bruger ikke begrebet personalisering eller personaliseret læring, men anvender begreber som elevcentreret læring, differentiering og individualisering. Disse begreber bruges igen med forskellige tilgange. Begreber som undervisningsdifferentiering og elevdifferentiering er knyttet tæt til pædagogiske og didaktiske perspektiver og er et udtryk for de muligheder og faldgruber, der implicit kan ligge i begreber som personalisering, elevcentrering, individualisering og differentiering (Mathiasen, 2010).

Litteraturstudiet viser, at der er forskellige tilgange til den didaktiske brug af de ofte anvendte begreber differentiering, individualisering og personalisering. Ifølge USA's National Educational Technology Plan omfatter begrebet *personalized learning* begreberne individualisering og differentiering:

”Individualization refers to instruction that is paced to the learning needs of different learners [...] Differentiation refers to instruction that is tailored to the learning preferences of different learners. [...] Personalization refers to instruction that is paced to learning needs, tailored to learning preferences, and tailored to the specific interests of different learners [...] (so personalization encompasses differentiation and individualization)” (Office of Educational Technology U.S. Department of Education, 2010, s. 12).

Udgangspunktet i litteraturen er ofte læreren og lærerens didaktiske valg. Det handler derfor om læreren i rollen som den, der tilrettelægger et undervisningsmiljø, hvor lærerens kendskab til eleverne er styrende for de konkrete didaktiske beslutninger, når det gælder elevernes mulighed for at lære sig det af læreren intenderede. Dermed aktualiseres lærerens didaktiske kompetencer generelt og it-didaktiske kompetencer specifikt.

Få publikationer relaterer personalisering til en elevs selvstyrende tilgang til egen læring, men tager udgangspunkt i, at det er lærerne, der har 'bolden'. Et eksempel på en eksplicit skelnen mellem elevfokus og lærerfokus i relation til begreberne personalisering, differentiering og individualisering er følgende tilgang: ”*Differentiation and individualization are teacher-centred. Personalization is learner-centred*” (Bray & McClaskey, 2016, s. 8). Når det drejer sig om begrebet personalisering, er dette begreb dedikeret til eleven, som ”becomes a self-directed, expert learner who monitors progress and reflects on learning based on mastery of content and skills” (ibid.); mens henholdsvis differentiering og individualisering er begreber, der er knyttet til læreren – differentiering, hvor læreren ”uses data and assessments to modify instruction for groups of learners and provides feedback to individual learners to advance learning” (ibid.); og individualisering, hvor læreren ”uses data and assessments to measure progress of what the individual learner learned and did not learn to decide next step in their learning” (ibid.).

Denne tilgang inviterer til andre temaer i litteraturstudiet, som eksempelvis børn i dagtilbuds og elevers interesse for de naturfaglige/-videnskabelige fagområder, relationer mellem henholdsvis børn i dagtilbud og pædagoger og mellem elev og lærer, kønsspecifikke forskelle samt betydning af klasse-/institutionskultur.

I det følgende vil begrebet personalisering blive betragtet som samlebegreb, i den forstand at begreber som differentiering, individualisering, undervisningsdifferentiering, elevdifferentiering og elevcentrering kan indgå i referencerne, uden at der i publikationerne eksplicit nævnes begrebet personalisering.

4.4. Viden om it, STEM og personalisering

I dette afsnit vil koblinger mellem henholdsvis it-brug, de naturfaglige/-videnskabelige fagområder og begrebet personalisering blive behandlet.

Teknologianvendelse i den bredeste forstand har gennem de sidste godt 40 år været et tema, uddannelsessystemet har interesseret sig for, og et stadig større fokus på it's muligheder for at understøtte eleverne i deres undervisningsrelaterede aktiviteter har været et udgangspunkt for både forskning, formidling og debat (fx Cuban, 2001).

Med teknologiudviklingen gennem de sidste dekader ser vi i dag, at it-anvendelse spiller en stadig større rolle både i et individuelt læringsressourceperspektiv, hvad angår den enkelte elevs viden- og færdighedstilegnelse og i et socialt perspektiv, hvad angår teknologiens muligheder for samarbejds- og delingsaktiviteter. Teknologien betragtes således både som faciliterende den enkelte elev og fællesskabet (fx Mathiasen, 2012), og samtidig udfoldes de mulige it-ressourcer og it-understøttede læringsmiljøer i kritiske refleksioner over muligheder, begrænsninger, barriere og faldgruber (fx Mathiasen et al., 2010, 2013, 2014). Med den stadige teknologiske udvikling har det vist sig, at ønsket om personalisering kan understøttes af en bred vifte af teknologier. Med andre ord tilbyder it sig som en oplagt didaktisk mulighed, når ønsket er at understøtte den enkelte elevs behov og mulighed for faglig progression.

Begrebet it dækker over en vifte af anvendelsesmuligheder. Skolernes platforme, administrative systemer, de såkaldte *learning management systems* (LMS), er i dag et omdrejningspunkt for informationsflow/-deling i institutionsregi. It kan også ses som et formidlingsprodukt, som fx i- og e-bøger, lærer- og elevproducerede materialer og netressourcer som *YouTube*, *Khan Academy*, *Wikipedia* etc. Teknologien kan også betragtes som et produktionsredskab, fx Office-pakkens funktionaliteter, *podcast*-, *screencast*- og videoproduktioner, simulerings- og dataopsamlingsprogrammer. Yderligere kan it bruges som et samarbejdsværktøj, fx via sociale medier, delingsredskaber og diverse specialiserede kommunikationsfora. Endelig kan it anvendes som en mere eller mindre faglig og elevrelateret målrettet læringsressource, fx adaptive færdighedstræningsprogrammer. Når det gælder rammesætning af undervisnings- og læringsmiljøet, kan it inddrages i forbindelse med en organisering af undervisningen som fx et miks af tilstedeværelses- og net-baserede miljøer.

4.4.1. Viden om it, STEM og personalisering i dagtilbud

Litteraturstudiet fortæller, at der inden for dagtilbudsområdet har været en stor interesse for brugen af specielt iPads. Publikationer om brug af teknologi i dagtilbud omhandler ofte koblingen mellem leg og teknologibrug (fx Johansen, 2013; Johansen & Karoff, 2016), men ikke specifikt en kobling mellem it-brug, science-feltet og personalisering.

De seneste år har der været en del debat i massemedierne om brugen af iPads i institutionerne, og rapporter bestilt af bl.a. kommuner, udarbejdet af interesseorganisationer, evalueringsorganisationer og lignende, har taget et praksisnært evalueringsperspektiv på brugen af iPads og digitale programpakker til børn i dagtilbud. Undervisningsministeriet har de seneste år været udbyder af inspirationsmateriale til dagtilbud¹⁵, hvor temaer inden for det naturfaglige område er i spil. Andre interessenter deltager også i debatten og i formidling af viden inden for feltet (fx Danmarks Naturfredningsforening, 2004). Science-temaer, inklusive matematik i dagtilbud, er på dagordenen i stadig større omfang, og der findes både praksisberetninger, rapporter om udviklingsarbejder og forskningsrapporter, der tematiserer en science-dimension og en dimension, hvor matematik er inkluderet (fx Björklund, 2013; Dovreborg et al., 1999; Achton, 2004; Grahn et al., 2000, Broström & Frøkjær, 2013; Broström, 2013, Thulin, 2011; Ejby-Ernst, 2012a, Ejby-Ernst, 2013, Simensen et al., 2013). Fx finder Thulin (2011) på linje med Ejby-Ernst (2013), at børnehavebørn sandsynligvis ikke etablerer et naturvidenskabeligt beredskab i dagtilbud, hvilket har indflydelse på deres forståelse af naturvidenskabelige fænomener, når de skal deltage i grundskolens naturfagsundervisning. Det kan igen betyde, at deres egne hverdagsforklaringer (det at forstå naturen, som den observeres af et barn i dagtilbud) og de videnskabelige forklaringer formidlet i grundskoleundervisningen får hver deres liv hos den enkelte elev.

Der er ikke fundet forskningspublikationer, der specifikt behandler resultater af børn i dagtilbuds brug af it inden for det naturfaglige område i forbindelse med personalisering og relaterede begreber.

4.4.2. Viden om it, STEM og personalisering i grundskolen

På grundskoleområdet har der været fokus på undervisningsdifferentiering som et princip til understøttelse af den enkelte elevs udvikling af viden, færdigheder og kompetencer i mange år. Der har også været et massivt fokus på it-inddragelse generelt i grundskolens fag, og der har også været en stor opmærksomhed på science- og teknologifag. Forskningspublikationer, der har et specifikt fokus på koblingen mellem it-anvendelser, de naturfaglige/-videnskabelige fagområder og undervisningsdifferentiering, fortæller bl.a. om fagspecifikke programpakker og deres potentialer for understøttelse af den enkelte elevs faglige progression. De senere år er der kommet stadig flere programpakker på markedet, der giver lærerne mulighed for at tilrette undervisningen og læringsressourcer, så den enkelte elev så vidt muligt bliver mødt der, hvor elevens faglige forudsætninger inden for de naturfaglige/-videnskabelige fagområder kan komme i spil.

¹⁵ Fx <http://www.emu.dk/modul/hvad-falder-hurtigst-mel-eller-vat>

Litteraturstudiet samt informationer fra ledende pædagogiske/didaktiske science-forskere viser, at der savnes systematisk forskning, hvad angår it-anvendelser i de naturfaglige/-videnskabelige fagområder, hvor fokus er specifikt på personalisering.

4.4.3. Viden om it, STEM og personalisering på de gymnasiale uddannelser

På de gymnasiale uddannelser har der de sidste godt 20 år været en generel interesse for begrebet undervisningsdifferentiering (fx Baandrup et al., 1996). Der har også været en stor opmærksomhed på brugen af teknologi i Danmark siden midt i 90'erne (fx Mathiasen et al., 1998; Mathiasen, 2002; Mathiasen, 2004; Mathiasen et al., 2012, 2013, 2014; Tække et al., 2016). Specifikke forskningspublikationer, der har fokus på både it-brug, de naturfaglige/-videnskabelige fagområder og personalisering (undervisningsdifferentiering) savnes. Der er litteratur, der tematiserer generelle didaktiske aspekter ved anvendelse af it, når formålet er at understøtte den enkelte elevs faglige udvikling, som fx muligheden for at vejlede den enkelte elev eller elevgruppe via net-kommunikation og specifikke synkrone mødeværktøjer. Forskningsresultaterne viser, at denne form for lærer-elev-kommunikation understøtter lærerens personaliseringsbestræbelser og elevernes behov for at blive 'set' og 'hørt' som person og i forhold til fagligt niveau (Mathiasen et al., 2011, s. 48 f.). Tilsvarende forskningsresultater findes i forbindelse med brug af fx *podcast*, *screencast* og videoproduktioner som andre formater til 'afleveringer' end tidligere gængse formater som fx en Word-fil. Forskellige blandinger af tilstedeværelses- og netbaseret undervisning er undersøgt, og konklusionerne her er ikke entydige. Feltet er kendetegnet af en kompleksitet, der bl.a. drejer sig om dynamiske relationer mellem foranderlige elementer som elevforudsætninger (fagligt, socialt og studiekompetencemæssigt), fag, specifikke faglige aktiviteter og niveau, lærerkompetencer og teknologibrug.

Forskningslitteraturen bidrager i dag til et bredt spekter af teoretiske perspektiver på it-anvendelser i undervisningen og i undervisningsrelaterede sammenhænge (fx Andersson et al., 2016; Du et al., 2006; Fletcher et al., 2007; Jonassen, 2000; Koper, 2004; Mehrotra et al., 2001; Naidu et al., 2000; Norris et al., 2003).

Læreren som rollemodel har et fagdidaktisk perspektiv, hvilket fx et casestudie viste, som havde fokus på fysikundervisning og laboratoriearbejde (for laboratoriearbejde generelt se afsnit 1.3.3). Her oplevede fysiklæreren ikke, at han kunne træde i karakter som en god rollemodel, når undervisningen foregik i netmedierede kommunikationsmiljøer og drejede sig om udvikling af såvel færdigheder og viden i forbindelse med fysikforsøg. Den netmedierede undervisning gav ikke læreren mulighed for at interagere på samme måde som ved tilstedeværelsesbaserede undervisningsaktiviteter, specielt når det gjaldt laboratoriearbejde. Muligheden for 'mesterlærer'-perspektivet, som han anså for vigtigt til den form for undervisning, havde ikke de samme muligheder i en netmedieret kontekst (fx Mathiasen, 2012).

Nærværende litteraturstudie viser primært mere sporadiske studier, når det gælder koblingen mellem de naturfaglige/-videnskabelige fagområder, personalisering og it-anvendelser. Disse er ofte casestudier og kontekstbundne i den forstand, at en generalisering ud over konteksten ikke er mulig.

Inden for de gymnasiale uddannelser er der behov for systematisk at undersøge, hvordan specifikke it-anvendelser inden for de naturfaglige/-videnskabelige fagområder kan understøtte intentionen om personalisering.

4.4.4. Viden om it, STEM og personalisering på erhvervsuddannelserne

Også på erhvervsuddannelserne er it et redskab, der bruges som læringsressource, informationsplatform, produktionsværktøj, dataopsamler, simuleringsredskab og undervisningsramme.

Det er ikke lykkedes at finde forskningslitteratur, hvor koblingen mellem de tre temaer, personalisering, it-anvendelser og de naturfaglige/-videnskabelige fagområder, er behandlet. Også her er forskere inden for feltet blevet kontaktet, og meldingen har været, at det er et forskningsfelt, der savnes.

4.5. Viden om køn, kultur, interesse og personalisering

Flere publikationer tematiserer kønsmæssige udfordringer. Dette gælder både national og international forskning, når det handler om STEM. Litteraturstudiet viser, at mange artikler handler om de kønsmæssige forskelle, når temaet er interesse for STEM-fagene (fx Eccles, 2007; Bøe et al., 2011; Lindahl, 2003; Krogh, 2006; Sinding, 2007; Busch et al., 2005; Aukrust, 2008; Østergaard, 2008). Der er mange aspekter og underliggende mekanismer, der bliver tematiseret i den undersøgte litteratur. På baggrund af litteraturstudiet vil dette afsnit tage en række temaer op, som har relation til titlen på afsnittet.

Unges til- og fravalg af tekniske og naturvidenskabelige fag og uddannelser er et tema i flere publikationer (se fx Holmegaard, Madsen & Ulriksen, 2014; Holmegaard, Ulriksen & Madsen, 2014). Et gennemgående træk er, at der er store kønsforskelle i drenges og pigers valg af tekniske og naturvidenskabelige uddannelser. Fx viser et forskningsprojekt, at dette:

“[...] bunder i fundamentale forskelle såvel i baggrund for valg af fagene som i mål med senere uddannelse og i karakteristika for drenge og piger der faktisk vælger uddannelser inden for teknik og naturvidenskab. En væsentlig implikation heraf er at rekruttering af henholdsvis drenge og piger til tekniske og naturvidenskabelige uddannelser må ske med forskellige midler og ud fra vidt forskellige udgangspunkter, da de to køn tilsyneladende befinder sig i hver sin uddannelsesverden. Dette rejser det fundamentale spørgsmål om de to verdener i virkeligheden er så forskellige at de bliver uforenelige” (Jensen, 2006, s. 41).

Et projekt fandt, at kønsopdelte klasser og kønsopdelte grupper giver mulighed for, at der ”langt lettere skabes selvtillid og flere succeser end i den samlede klasse”. (Frimodt-Møller et al., 2001)

Projektet finder, at det specielt i 1. g er vigtigt, at eleverne deltager i kønsopdelt undervisning, hvor et trygt miljø er en væsentlig didaktisk parameter. Projektets pointe er derudover, at det ikke er en organisationsform, der skal bruges i hele gymnasiet, men som en start på et gymnasieforløb, hvor den enkelte elev kan opbygge selvtillid, så ”de kan mødes med selvtillid og på lige fod” (ibid.).

Halvklassesundervisning, opdelt efter køn eller andre kriterier (ca. 14 på hvert hold), gav ifølge lærerne en stor forskel, idet de færre elever på holdet gav mulighed for at få en mere personlig kommunikation mellem den enkelte elev og læreren. Yderligere viste det sig, at eleverne fandt det nødvendigt at forberede sig, da de oplevede en synlighed og en større kontakt med læreren, som motiverede dem til at læse lektier. ”Og alle elever – stærke som svage – ønsker halvklassesundervisning, hvis de først har prøvet det” (ibid.).

I faget fysik viser litteraturstudiet, at piger og drenge forstår fysik forskelligt og agerer forskelligt på faglig viden:

“Boys and girls differ significantly in physics instruction: boys achieve higher grades in tests and are more interested in learning physics than girls [...]. With regard to social and linguistic behaviour, we claim that boys and girls hold different notions of what it means to understand physics. Briefly, girls seem to think that they understand a concept only if they can put it into a broader world view. Boys appear to view physics as valuable in itself and are pleased if there is internal coherence within the physics concepts learned” (Stadler et al., 2000, s. 417)

Et studie af køn, oplevelse og interesse på htx fandt, at en gruppe piger valgte htx for at slippe for den pigekultur, de kendte fra folkeskolen, og som de forventede ville fortsætte på stx (Ulriksen et al., 2007). Den mere generelle pointe her er, at det er relevant at se på, hvor varieret en identitet matematik og naturfag tilbyder eleverne, og hvor inkluderende kulturen er over for forskellige måder at interessere sig for matematik og naturfag på. Dette studie peger på, at det ikke kun er matematik og naturfag, som har den udfordring. Studiet viste, at htx-kulturen inkluderede nogle, som blev ekskluderet af kulturen på stx, kultur her i en generaliseret forståelse rundet af elevernes opfattelse. I et personaliseringsperspektiv ligger der en udfordring, der handler om at have fokus på såvel elevers interesse for STEM-fag som for betydningen af de rammer, der påvirker elevernes præferencer, idéer og ønsker.

Forskningen kan dokumentere, at piger vælger det, de synes er vigtigt, og at der ligger et større forklarings-/forskningspotentiale, hvis man stiller et mere overordnet spørgsmål, som handler om, hvad der påvirker en person til at vælge, som personen gør (fx Eccles, 2007). Fx viser en amerikansk undersøgelse, som har fulgt en stor gruppe amerikanske skolebørn, fra de gik i 6. klasse, og frem til de var omkring 35 år, at de opfattelser, børn danner sig, påvirker senere valg. Yderligere viser undersøgelsen, at vurdering af egne evner er afhængige af køn. Piger vurderer sig som bedre i engelsk end drengene og drenge som bedre i matematik end pigerne. Uanset karakterer, så vurderer pigerne sig bedre i engelsk end i matematik. Med hensyn til vigtighed i forhold til

engelsk- og matematikkundskaber vurderede drengene, at matematik var vigtig, mens pigerne mener, at sprogfag er vigtige, og at de på sigt har mere nytte af sprog end af matematik. På gymnasieniveauet viser undersøgelsen, at de dygtigste piger ikke i samme grad som de dygtigste drenge vælger matematik. Pointen er ifølge Eccles (2007), at kønsforskellen forsvinder, når det handler om elevernes forståelse og tilgang til faget. Det afgørende er ikke, hvor dygtige de er, eller hvor godt de kan lide faget, men hvor nyttigt de vurderer, faget er for deres fremtid. Piger, der anser matematik for nyttigere end sprog, vælger også at fordybe sig i matematik på samme niveau som drenge, der har tilsvarende opfattelse af faget. Med andre ord, hvis fokus er på elevers tilgang til fag ud fra en nytteværdibetragtning, kan der ikke registreres en kønsforskel i forhold til fagligt niveau. Fysikfaget viser samme resultater som matematik i undersøgelsen. Dog viser den også, at der er langt færre piger, der vurderer fysik som nyttig i forhold til egne fremtidsplaner. Yderligere viser Eccles' (2007) forskning, at der er en sammenhæng mellem collegestuderende piger, der har en positiv opfattelse af egen intelligens og valg af naturvidenskabelige fag. Samtidig viser undersøgelsen, at hvis piger og drenge ønsker at arbejde med mennesker, er det biologi og medicin og ikke matematik og fysik, de vælger. Der er langt flere piger end drenge, der ser biologi og medicin som vejen frem for dem. En vigtig pointe for denne forskning er, at det vigtige spørgsmål ikke er, hvorfor piger ikke vælger at læse fx matematik, men det komplekse spørgsmål: Hvad påvirker os til at vælge, som vi gør.¹⁶ Litteraturstudiet viser, at kønsforskningens blinde plet, netop fokuset på kønsforskelle, er et væsentligt opmærksomhedspunkt (Sinnes, 2006). Et svensk studie af studerende på videregående uddannelser fandt, at forskellene mellem mænds og kvinders præstationer på et bestemt kursus i højere grad skyldtes forskelle i de forskellige uddannelser, de studerende på kurset kom fra, end det skyldtes forskelle mellem køn (som det så ud, hvis man kiggede på karakterfordelingen på kurset under et) (Andersson et al., 2016). Når det handler om personalisering, er udfordringen at stille skarpt på, hvornår der er tale om kønsmæssige forskelle, og hvornår der er andre forskelle i spil.

4.5.1. Viden om identitet

Begrebet identitet dukker op i flere publikationer som en væsentlig parameter, når det handler om den enkeltes tilgang til STEM-uddannelser. Fx viser følgende uddrag af en undersøgelse, at personlige narrativer har betydning for valg af videregående uddannelser:

"We have followed a group of students in the potential pipeline for science through their last years of upper secondary school and in the context of a university mentorship program. The student group is defined by their choice of Mathematics at A-level which is mandatory for admission to tertiary STEM education in Denmark. Rich data (repeated interviews, questionnaires (pre-and post-) and observations) from 14 target students have been collected. Using Late Modern identity theory as a lens, we have analysed students' identity narratives in order to establish their trajectories in relation to university in general, and towards science studies and science careers in particular. We find that the diversity of students' educational identity narratives can be characterized

¹⁶ <http://kjonnsforskning.no/nb/2011/09/hvorfor-velger-ikke-jenter-fysikk>

and their trajectories understood in terms of a Four Factor Framework comprising: general identity process orientations (reflecting, committing, exploring), personal values, subject self-concepts and subject interests. In various ways these constructs interact and set the range and direction of the students' searches for future education and careers. Our longitudinal study suggests that they have enough permanence to enable us to hypothesize more or less secured paths of individual students to tertiary science (or other areas of academia)" (Krogh et al., 2013, s. 711).

Litteraturstudiet viser, at der er en tendens til, at aktører i uddannelsessystemet skaber og opretholder opfattelser om en vis stereotypi, som fx at matematikere, fysikere og dataloger har en introvert attitude, har svært ved at begå sig i sociale sammenhænge, har et nørdet forhold til deres fag osv. (Eccles, 2007; Mathiasen et al., 2009).

Set i et mere udviklingspsykologisk perspektiv – i tråd med Eccles (2007) – fortæller forskningen, fx at vi udvikler idéer om, hvilken person vi ønsker at være, og i den sammenhæng vælger vi aktiviteter, der kan understøtte disse ønsker. Hvis en person eksempelvis ønsker at være maskulin og ser biologi som et mindre maskulint fagområde, vil biologi ikke blive vægtet så højt. Disse idéer og ønsker er ikke nødvendigvis rundet af rationelle beslutninger foretaget på baggrund af informationer, og dermed er en uddannelsespolitisk strategi mere kompleks end som så, når fokus er på personalisering og intentioner om at påvirke elevers tilgang til STEM-fag.

Den enkelte elevs egenfortælling og egenopfattelse af identitet har således betydning for valg af uddannelse. Dette tema relaterer sig til den kulturelle dimension og de forventninger, der opleves at være gældende. Yderligere er temaet omkring meningsfuldhed ved specifikke fag en væsentlig parameter i de individuelle beslutninger. Dette udfoldes i det følgende.

4.5.2. Viden om interesse i forhold til køn og kultur

Studiet af litteraturen viser, at piger ikke fravælger STEM-fag, fordi de har en mindre rationel tilgang til fag og uddannelse end drenge. Piger vælger også ud fra en rationalitet, der går på, hvad de ser som nyttige fag og uddannelser, og fysik anser færre piger end drenge for at være nyttig. Når det gælder uddannelser til fx læge og biologi, er mønstret det modsatte, og det er drengene, der er i overtal på fysik- og ingeniøruddannelserne. Undersøgelser peger på, at vi vælger den konkrete uddannelse for at tilpasse os accepterede roller i samfundet (Eccles, 2007).

Eksempelvis fortæller en undersøgelse på htx-uddannelsen, at piger føler sig godt tilpas på uddannelsen, og at hver tredje dreng og hver femte pige er enig i, at "rigtige piger interesserer sig ikke for teknik- og naturvidenskab" (Ulriksen et al., 2007). Undersøgelsen viser endvidere en kønsspecifik forskel på drenge og piger inden for specifikke emneområder, i forhold til når de vælger gymnasial uddannelse. Mens drenges valg oftest handler om interesse for naturvidenskab, har pigerne flere interesser aktiveret. Piger, der fx vælger en htx-uddannelse, interesserer sig for de menneskelige dimensioner og relationer, som fx sundhed og sygdom, mens en stor del af drengenes interesser ligger på teknologifeltet. Derimod var der stor overensstemmelse i drenges og pigers interesse for bestemte kendetegn ved naturvidenskab, fx det eksperimentelle, det kreative, at det kan

anvendes (Ulriksen et al., 2007). En relevant udfordring er således at tænke i didaktiske rammesætninger af undervisningen, hvor alle eleveres interesser understøttes og udfordres.

Et andet forskningsprojekt, der har fokus på unges interesse for naturfagene, fortæller, at forskningsresultaterne de seneste ti år peger i retning af store forskelle i interesse på forskellige niveauer. Piger er langt mindre interesserede i naturfag end drenge, og de er interesserede i andre aspekter af naturfagene end drengene. Interessen er også forskellig i forhold til de specifikke naturfag. Grundskoleelever oplever biologi, geografi og natur/teknik som for lette fag, mens fysik/kemi er sværere fag. Undersøgelsen viser, at gymnasieeleverne mister interessen for fysikfaget, men ikke for kemifaget:

”De undervisningsmæssige konsekvenser af denne viden om unges interesse for naturfag er at undervisningen skal gøres relevant for eleverne. Kravet om relevans kan imødegås ved fx en mere elevcentreret undervisningsform, en anerkendelse af elevernes medbestemmelse i udvælgelsen af indholdet samt en inddragelse af en bred, moderne forståelse af naturvidenskab som genstand for undervisningen” (Troelsen, 2005, s. 7).

Et longitudinelt studie fortæller om den gradvise afmatning af interesse for STEM-fag:

”The aim of the study was to follow a group of pupils from the age of twelve until they leave lower secondary school at the age of sixteen to describe and analyse how their attitudes towards and interest in science and technology develop and change but also how this and other factors such as ability, understanding of scientific concepts, gender and home background influenced their choice for upper secondary school. [...] Many pupils have a positive attitude towards science but often a more positive attitude towards other subjects. They have duties to their parents but these are not strongly expressed. Their self-efficacy for science follows the same pattern as their attitude; they think they are good in science but not as good as in other subjects. For most pupils it seems as if attitude together with self-efficacy are the strongest determinant for their choice. These determinants are influenced by different factors. Girls and boys perceive science teaching differently but it seems as if the boys are on their way to developing the same critical attitude as the girls have had since long ago. The social background is important as many of the pupils who choose science are from well educated homes but even this group is losing interest. Good ability is a necessary factor but does not guarantee science will be chosen. Neither has good conceptual understanding a crucial importance but on the other hand there are many pupils who say that they would not choose science as they do not understand science in the way it is taught. Another finding is that many pupils even at Grade 5 have an idea of their future career which later on is the same as their choice for upper secondary. If science shall have a chance in their lives the pupils must have a positive experience of science from the beginning of primary school through all years. Once they have lost their interest it is very difficult to get them back. The competition for their attention is intensive and the older they get the more difficult it will be to catch their interest and allegiance” (Lindahl, 2003, s. 5).

Som citatet viser, er der tale om et komplekst problemfelt, hvor mange temaer er aktualiseret, og mange temaer relaterer gensidigt til hinanden, når fokus er på elevernes interesse og opretholdelse af interesse for STEM-fag.

Et svensk studie på grundskolens begyndertrin tager udgangspunkt i viden om, at det er vigtigt, at eleverne deltager aktivt, at temaerne skal udgå fra elevernes erfaringer og hverdagsforståelse, hvis

interessen skal opretholdes, og elevernes interesse for naturfag som noget, der er til stede, er udgangspunktet i studiet:

”Att lära sig naturvetenskap handlar om att bli socialiserad i den specifika genren och att kunna urskilja den. Språket har en central roll i den socialiseringsprocessen. Flera forskare menar att NO-ämnena dessutom har en positiv inverkan på elevers språkutveckling. Att lära sig NO innebär inte bara att förstå naturvetenskapliga begrepp, utan att t.ex. kunna klassificera, sortera och beskriva. Yngre barn har ännu inte tillgång till det språk som hör till NO-ämnena. Forskning har visat att de i stället ofta använder metaforer när de samtalar i NO-klassrummet. De metaforer barn använder är förknippade med deras tidigare erfarenheter. [...] Från begrepp till utforskande arbetssätt det är nödvändigt att använda flera olika representationsformer i NO-undervisningen, t.ex. bild, språk och praktiskt arbete. Varje representationsform både begränsar och främjar vad elever kan lära sig. Ämnesinnehållet och lärandeprocessen går hand i hand. Forskare poängterar att processen, vägen till resultatet, är av betydelse när yngre barn lär sig NO. Man brukar då tala om ”det naturvetenskapliga arbetssättet”. Rosalind Driver, en engelsk forskare, varnade redan 1983 för en övertro på experimentets roll i undervisningen. Hon poängterade att ”hands-on science” måste kombineras med ”minds-on science”, dvs. elever måste ges tillfälle till eftertanke och reflektion. I stället för att tala om ”det naturvetenskapliga arbetssättet” används ofta begreppet ett ”utforskande arbetssätt” när det gäller yngre barn. Det betonar tydligare det pedagogiska värdet av praktiskt arbete i klassrummet och ger inte lika direkt associationer till vad naturvetenskaplig forskning kan tänkas innebära. Ett utforskande arbetssätt innebär ett reflekterat lärande som sätts in i ett sammanhang” (Jacobsen, 2009).

Citatet fortæller, at det bl.a. er vigtigt at være opmærksom på, at reflekterende undervisningsaktiviteter, ”*minds-on science*”, med fordel kan kobles til ”*hands-on science*”. Dette leder til et fokus på variation i undervisningsformer og sammenhænge i forhold til faglige mål. I nærværende afsnit yderligere med specifikt fokus på personaliseringsdimensionen.

4.5.3. Viden om undervisningsorganisering/-former og personalisering

Forskningen viser, at der er forskellige perspektiver og pædagogiske/didaktiske tilgange til beslutninger om valg af undervisningsorganisering og -former, når det gælder personaliseringsdimensionen. Fx:

”Males significantly outperformed females in learning of the force concept, pre- and posttest representational consistency, and pretest scientific reasoning [...] indicate that the gender difference in learning gain was related to students’ abilities before the instruction. Thus, the teaching method used was equally effective for both genders. Further, our quantitative finding about the relation between representational consistency and learning of the force concept supports the assumption that multiple representations are important in science learning” (Niemenen et al., 2013, s. 1137).

En anden måde at tilgå dette felt på er, som forskningen gennem flere år har vist, at forskellige undervisningsformer rammer forskellige elever og deres forskellige præferencer.

Også læreres køn kan have betydning for elevernes deltagelse i undervisningen. Således har koblingen af lærerens køn og deltagelse i undervisningen vist sig i en norsk undersøgelse at have følgende virkning:

”The participation of girls and boys in teacher-led classroom conversations in Norway was examined across four grade levels (first, third, sixth and ninth). Boys participated more across all grade levels. The difference in girls’ and boys’ participation was least in the first grade and greatest in the ninth grade. A greater proportion of the girls’ utterances was initiated by the teacher allocating turns. The boys had more overlapping utterances with the teacher and contributed more comments that were not invited by the teacher. The difference in girls’ and boys’ participation was less in a classroom with a female rather than a male teacher. Boys made many uninvited comments in classrooms with male teachers. The discussion draws attention to relationships between conversation participation and learning, between participation and influence, and between participation and developing skills to take the floor in public” (Aukrust, 2008, s. 237).

Dette tema kan lede videre til mulige kulturelle implikationer, der kan være understøttende eller bremsende for personalisering, når det drejer sig om naturfaglige/-videnskabelige fagområder og personalisering – betydningen af lærerens køn, når det drejer sig om henholdsvis pigers og drenge deltagelse i den undervisningsrelaterede kommunikation og læring, indflydelse samt udvikling af færdigheder i at ”take the floor in public”.

4.5.4. Viden om kultur

Et studie viser kulturelle forskelle mellem lande i Europa, her specifikt mellem Danmark og Italien, hvad angår fysik:

”[...] we argue that national cultural historic developments influence science education and gendered teaching and scientific career paths from primary school to higher education. The argument is based on a number of field studies spanning over recent studies in physics practiced at university institutes in Denmark, Italy, Poland, Finland and Estonia to a study of physics education in primary schools in Denmark and a comparison between physics students’ possibilities for embarking on a physicist education in Denmark and Italy. The influence of national culture on the relation between gender and physics education is complex and profound. Results are not testable in any simple way; yet, we contend that the cultural diversity found affects male and female emotions and motivation to study science as well as their possibilities to become outstanding scientists” (Hasse et al., 2012, s. 237).

Studiet viste, at Danmark adskilte sig som værende domineret af mandlige studerende på fysikstudiet, og fx i Italien forholdt det sig omvendt. Et andet dansk studie af 8.- og 9.-klasser fortæller, at der ses

”mulige sammenhænge mellem danske pigers manglende interesse og motivation for fysikfaget og tilstedeværelsen af kulturelle opfattelser som ekskluderer piger fra fysik [og] at anvendelsessigtet med det faglige indhold i fysikundervisningen kan have vital betydning for pigernes motivation” (Sinding, 2007, s. 18).

I ROSE-studiet (The Relevance of Science Education) var fokus på 15-åriges erfaringer, holdninger, interesser og værdier i forhold til natur og teknik i skole og samfund:

”Det viser seg at elevene i hovedsak er positive og optimistiske når det gjelder mange sider ved NT. Samtidig finnes det en utbredt (og sunn?) skepsis når det gjelder forskeres troverdighet og objektivitet og til vitenskapens muligheter og begrensninger. På bemerkelsesverdig mange områder finner vi store ulikheter mellom de to kjønns holdninger og interesser, kanskje spesielt i de nordiske land. Vårt håp og vår hensikt med ROSE-prosjektet er at det kan gi data og innsikter som vil kunne brukes til både å forstå ungdommens

prioriteringer og til å arbeide for et naturfag som på en bedre måte appellerer til den ungdomskulturen som preger dagens sen-moderne nordiske samfunn” (Sjøberg et al., 2006).

Flere studier fortæller således om STEM-fagenes udfordringer, når vi ser på pigers og drenge tilgang til disse fag i et kulturelt perspektiv. Når personalisering ses i et kulturelt perspektiv, drejer det sig om såvel elevers som læreres tilgange til STEM og til undervisningen i STEM-fag – og de udfordringer disse bringer med sig. Det handler således om elevers prioriteringer, opfattelser og forståelser af deres omverden og af sig selv som en del af denne. Læreres tilgange trækker på fagenes historiske forankring i fag- og undervisningspraksisser (Krogh, 2006), hvor ”*school science*” er en omverden for science-oplevelse, og hvor elever har forskellige og anderledes hverdagsopfattelser af STEM (fx Aikenhead, 1996).

Som det tidligere er vist, har præmisser for kommunikation, måder at tematisere fagets elementer på, samt hvilke temaer og aktiviteter der aktualiseres i undervisningen, betydning for elev-selveksklusion og intenderede didaktiske inklusionsbestrebelsers fra lærernes side (Hasse, 2002).

Hvordan STEM-fag og -undervisning italesættes og aktualiseres, har betydning for, hvor attraktive de er for den enkelte elev (fx Holmegaard, Madsen & Ulriksen, 2014; Holmegaard, Ulriksen & Madsen, 2015).

4.5.5. Viden om talent

Elever med ’talent’ forstås som en dimension af personaliseringsintentionerne. Talent bliver defineret på flere måder; her er der primært fokus på fagligt stærke elever og pædagogiske/didaktiske muligheder for personalisering.

De senere år har der været en særlig øget interesse for talentudvikling, men også en kritisk tilgang til begrebet på baggrund af teoretiske tilgange til begrebet og konsekvenserne af en udvælgelse af elever, der betegnes som talenter – fra en tilgang til begrebet inspireret af Darwins evolutionsteori, hvor tilgangen til begrebet talent handlede om noget immanent og genetisk betinget, og som specielt var koblet til adelens mulighed for at udvikle sig, til en bred vifte af tilgange¹⁷ (Petersen, 2014).

Den nyeste danske forskning fortæller om det problematiske i forskellige talentprogrammer i det danske uddannelsessystem, hvor de særligt talentfulde elever tages ud af den undervisningsmæssige kontekst, de har været en del af, og hvor de har vist deres særlige talent.

Personaliseringsbestrebelsene i Danmark kan fx ses i forbindelse med Science Talenter, som driver talentudvikling på skoleniveau lokalt, regionalt og på sigt nationalt (fx Sølberg et al., 2013).

¹⁷ Se fx <http://www.ind.ku.dk/projekter/talent/>

I Danmark har talentudvikling taget sit afsæt i intentionen om at gøre en indsats, fordi der findes elever, der ikke trives – i den forstand, at de er 'for dygtige' og er hurtige til at tilegne sig ny viden og færdigheder – og ønsket om, at disse elever skal have andre undervisningstilbud end de ordinære. Der er både et nationalt og et globalt perspektiv på talentudvikling, der handler om, at uddannelsessystemet skal understøtte de talentfulde. Hvordan dette bedst organiseres, er der ikke i dette litteraturstudie fundet forskningsmæssigt klare budskaber om.

Et centralt spørgsmål i denne forbindelse er, hvordan uddannelsessystemet understøtter intentionen om talentudvikling og intentionen om, at talentudviklingsaktiviteter kan have afsmittende effekt på 'normal'-elever i 'normal'-klasser (fx Tanggaard et al., 2016).

Der savnes systematisk forskning inden for feltet, der udfolder pædagogiske og didaktiske begrundelser for personalisering specifikt inden for talentudviklingstiltagene.

Referencer

- AAAS (1995). Project 2061. Science for All Americans. Summary. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Abell, S.K. (2007). Research on science teacher knowledge. I: S.K. Abell & N.G. Lederman (red.), *Handbook of research on science education* (s. 1105-1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Abell, S.K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), s. 1405-1416.
- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Achiam, M., & Nielsen, J. A. (2016). Attention to Content: Some Lessons From School-Oriented Education Research. In L. Avraamidou & W. M. Roth (Eds.), *Intersections of Formal and Informal Science* (pp. 33-40). New York: Routledge.
- Achiam, M., Simony, L., & Lindow, B. E. K. (2016). Objects prompt authentic scientific activities among learners in a museum programme. *International Journal of Science Education*, 38(6), 1012-1035. doi:10.1080/09500693.2016.1178869
- Achton, O. (2004). Naturen og naturfænomener. At være i og lære om naturen. I: S. Broström (red.), *Pædagogiske læreplaner. At arbejde med didaktik i børnehaven*. Aarhus: Systime.
- Aikenhead, G. S. (1996). Science Education: Border Crossing into the Subculture of Science. *Studies in Science Education*, 27(1), 1-52.
- Aikenhead, G. (2007). Expanding the research agenda for scientific literacy. In C. Linder, L. Östman, & P.-O. Wickman (Eds.), *Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction. Proceedings of the Linnaeus Tercentenary Symposium held at Uppsala University, Uppsala, Sweden, May 28-29, 2007* (pp. 64-71). Uppsala: Uppsala University.
- Albrechtsen, T. R. (2009). Interessebegrebet i ROSE-undersøgelsen. *MONA*, 2009 (3), 7-14.
- Albrechtsen, T.R.S (2015). Professionelle læringsfællesskaber – teamsamarbejde og undervisningsudvikling, Dafolo.
- Alm, F., & Samuelsson, J. (2009). Villkor för implementering av Naturvetenskap och Teknik för Alla, NTA. *Nordic Studies in Science Education*, 5(1), 89-102.
- Almqvist, Jonas (2005). Learning and Artefacts: On the Use of Information Technology in Educational Settings. Uppsala, Sweden: Acta Universitatis Upsaliensis
- Almqvist, Ö. (2006). Privileging and Artifacts: On the Use of Information Technology in Science Education. *Interchange*, 37(3), 225–250
- Alrø, H., & Johnsen-Høines, M. (2012). Inquiry-without posing questions? *The Mathematics Enthusiast*, 9(3), 253.
- Alrø, H. & Skovsmose, O. (2004). Dialogic Learning in Collaborative Investigation, *Nordisk matematikdidaktik*, Vol. 9-2, 39-62.
- Anderhag, P. (2014). Taste for Science: How can teaching make a difference for students' interest in science? Stockholm, Sweden: Department of Mathematics and Science Education, Stockholm University
- Anderhag, P., Danielsson, H. T., Andersson, C., Holst, A. & Nordling J. (2014). Syften och tillfälligheter i högstadie- och gymnasielaborationen: En studie om hur elever handlar i relation till aktivitetens mål. *NorDina*, 10(1), 63 - 76
- Anderhag, P., Wickman, P.O. & Hamza, K. M. (2015). Signs of taste for science: a methodology for studying the constitution of interest in the science classroom. *Cultural Studies of Science Education*, 10(2), 339-368
- Andersen, A. M., Egelund, N., Jensen, T. P., Krone, M., Lindenskov, L., Mejding, J., & Gade, H. T. (2001). Forventninger og færdigheder – danske unge i en international sammenhæng. SFI-survey.
- Andersen, A.M., Dragsted, S., Evans, R. & Sørensen, H. (2004). The Relationship between Changes in Teachers' Self-efficacy Beliefs and the Science Teaching Environment of Danish First-Year Elementary Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 15(1), 25-38.
- Andersen, H. M. (2014). Undervisning der motiverer – en undersøgelse af tværfaglig kemi og biologiundervisning på htx. *MONA*, 2014(3), 30-48.

- Andersen, H. M., & Krogh, L. B. (2010). Science and mathematics teachers' core teaching conceptions and their implications for engaging in cross-curricular innovations. *Nordic Studies in Science Education*, 6(1), 61-79.
- Andersson, A. (2011). A "Curling teacher" in mathematics education: teacher identities and pedagogy development. *Mathematics Education Research Journal*, 23(4), 437-454.
- Andersson, A. & Ravn, O. (2012) A Philosophical Perspective on Contextualisations in Mathematics Education. In O. Skovsmose, B. Greer (Eds.) *Opening the Cage. Critique and Politics of Mathematics Education*. Sense Publishers Vol. 23.
- Andersson, Erik, Öhman, Johan (2016). Young people's conversations about environmental and sustainability issues in social media. In *Environmental Education Research* E-pub ahead of print
- Andersson, J., Östman, L. & Öhman, M. (2015), I am sailing—towards a transactional analysis of 'body techniques', *Sport, Education and Society*, 20(6), 722 - 740
- Andersson, S., & Chronholm, J. A. (2012). Centrala teman för studenters relationer till utbildningsprogram. Paper presented at the NU 2012.
- Andersson, S., & Johansson, A. (2016). Gender gap or program gap? Students' negotiations of study practice in a course in electromagnetism. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2), 020112.
- Andrade, H. L. (2012). Classroom Assessment in the Context of Learning Theory and Research. In J. H. McMillan (Ed.), *SAGE Handbook of Research on Classroom Assessment* (pp. 17-34). Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Andreasen, M., Damkjær, H.S. & Højgaard, T. (2011). MaTeam-projektet – om matematiklærerfagteam, matematiklærerkompetencer og didaktisk modellering. *MONA*, 2011-3, 26-45.
- Andrée, M. & Hansson, L. (2015). Recruiting the Next Generation Scientists and Industrial Engineers: How Industrial Actors Engage in and Motivate Engagement in STEM Initiatives. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 167, 75-78.
- Angell, C. (2004). Exploring students' intuitive ideas based on physics items in TIMSS - 1995. *Proceedings of the IRC-2004: TIMSS*, 2, 108 – 123.
- Angell, C., Guttersrud, O., Henriksen, E., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science Education*, 88(5), 683 - 706.
- Angell, C., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2003). Hvorfor lære fysikk? Det kan andre ta seg av! Fysikkfaget i norsk utdanning: innhold-oppfatninger-valg. *Naturfagdidaktikk. Perspektiver, forskning, utvikling*, 165-198.
- Angell, C., Kind, P.M. & Henriksen, E. (2008), Implementation of empirical-mathematical modelling in upper secondary physics: Teachers' interpretations and considerations. *Nordina* 4(2), 113 - 122
- Anker-Hansen, J. (2015). Assessing Scientific Literacy as Participation in Civic Practices: Affordances and constraints for developing a practice for authentic classroom assessment of argumentation, source critique and decision-making. (Ph.D afhandling), Stockholm University, Stockholm.
- Anker-Hansen, J., & Andrée, M. (2015a). Affordances and Constraints of Using the Socio-Political Debate for Authentic Summative Assessment. *International Journal of Science Education*, 37(15), 2577-2596.
- Anker-Hansen, J., & Andrée, M. (2015b). Using and Rejecting Peer Feedback in the Science Classroom: A Study of Students' Negotiations on How to Use Peer Feedback When Designing Experiments. *Research in Science Education*, E-pub ahead of print.
- Anning, A. (1997). Drawing out ideas: Graphicacy and young children. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(3), 219-239.
- Arbejdsgruppen bag KOM-projektet (2002). *Kompetencer og matematiklæring*. Roskilde, Danmark: IMFUFA.
- Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A., & Wong, B. (2015). "Science capital": A conceptual, methodological, and empirical argument for extending bourdieusian notions of capital beyond the arts. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7), 922-948. doi:10.1002/tea.21227
- Archer, L., Dewitt, J., & Osborne, J. (2015). Is Science for Us? Black Students' and Parents' Views of Science and Science Careers. *Science Education*, 99(2), 199-237. doi:10.1002/sce.21146
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). "Doing" science versus "being" a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, 94(4), 617-639. doi:10.1002/sce.20399
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2012). Science Aspirations, Capital, and Family Habitus: How Families Shape Children's Engagement and Identification With Science. *American Educational Research Journal*. doi:10.3102/0002831211433290

- Assessment Reform Group. (2002). Assessment for learning: 10 principles. *Cambridge, UK: University of Cambridge School of Education.*
- Aufschnaiter, C. v., Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101-131. doi:10.1002/(ISSN)1098-2736
- Aukrust, V. G. (2008). Boys' and girls' conversational participation across four grade levels in Norwegian classrooms: Taking the floor or being given the floor? i *Gender and Education*, 20(3)
- Australian curriculum (2015). v8.3 F-10 Curriculum, senior secondary Curriculum, <http://www.australiancurriculum.edu.au/technologies/digital-technologies/curriculum/f-10?layout=1#level9-10>
- Bakhtin, M. M. (1981). *The Dialogic Imagination: Four Essays by M. M. Bakhtin* (C. Emerson & M. Holquist, Trans.). Austin: University of Texas Press.
- Barnett, M. (2005). Engaging inner city students in learning through designing remote operated vehicles. *Journal of Science Education and Technology*, 14(1), 87-100.
- Barrett, S. E., & Nieswandt, M. (2010). Teaching about ethics through socioscientific issues in physics and chemistry: Teacher candidates' beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 380-401.
- Bartholomew, H., Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2004). Teaching students - "Ideas-about-science": dimensions of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655-682.
- Baumert, J. & Kuntner, W: (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. I M. Kuntner, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (red.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*, Münster-Waxman, 29-53.
- Beck, S. (2016). *Pædagogikum – mellem teori og praksis*. Frederiksberg: Frydenlund.
- Bell, T., Andrea, P. & Robbins, A. (2014). A Case Study of the Introduction of Computer Science in NZ Schools,. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE) - Special Issue on Computing Education in (K-12) Schools*, 14-2, article no.10.
- Belova, N., Dittmar, J., Hansson, L., Hofstein, A., Nielsen, J. A., Sjöström, J., & Eilks, I. (accepteret). Cross-curricular goals and raising the relevance of science education. In K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, J. Lavonen, & A. Uitto (Eds.), *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research: Selected Papers from the ESERA 2015 Conference*. Rotterdam: Springer.
- Benenson, G., & Piggott, F. (2002). Introducing Technology as a School Subject: A Collaborative Design Challenge for Educators. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3), 67-87.
- Berglund, A. & Eckerdal, A. (2015). Learning Practice and Theory in Programming Education: Students' Lived Experience. In LATICE '15 Proceedings of the 2015 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering, 180-186
- Bergsten, C. & Grevholm, B. (2004). The didactic divide and the education of teachers of mathematics in Sweden. *Nordic Studies in Mathematics Education* 9(2), 123-144.
- Bergsten, C., Grevholm, B. m.fl. (2009). Learning to Teach Mathematics: Expanding the Role of Practicum as an Integrated Part of a Teacher Education Programme. I R. Even, D.L. Ball (red). *The Professional Education and Development of Teachers of Mathematics*. Vol. 11 of the series New ICMI Study Series, 57-70.
- Berland, L. K. & Hammer, D. (2012). Students' framings and their participation in scientific argumentation. In M. S. Khine (Eds.), *Perspectives on Scientific Argumentation. Theory, Practice and Research* (73 - 93), Netherlands: Springer
- Bernhard, J. & Carstensen, A.-K. (2015). Design Science Research – an engineering research approach to improve methods for engineering education research. Conference paper presented at the 6th Research in Engineering Education Symposium (REES), Dublin, Ireland
- Bernhard, J. & Carstensen, A.-K. (2016). Science education in a bilingual class: problematising a translational practice. In J. Björkqvist, K. Edström, R.J. Hugo, J. Kontio, J. Roslöf, R. Sellens, S. Virtanen (Eds.), *The 12th International CDIO Conference*, Turku, Finland, Turku University of Applied Sciences
- Bernhard, J., Carstensen, A.-K. & Holmberg, M. (2010). Investigating engineering students' learning – learning as the learning of a complex concept. Proceedings of the Joint International IGIP-SEFI Annual Conference 2010, Trnava, Slovakia
- Bernholt, S., Rönnebeck, S., Ropohl, M., Köller, O., & Parchmann, I. (2013). Report on current state of the art in formative and summative assessment in IBE in STM-Part 1. *ASSIST-ME Report Series*(1).

- Berry, A., Friedrichsen, P. & Loughran, J. (red.). (2015). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. New York and London: Routledge.
- Berry, A., Friedrichsen, P. & Loughran, J. (red.). (2015). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. New York and London: Routledge.
- Bjurlund, R. (2004). Student teachers' reflections on their learning process through collaborative problem solving in geometry. *Educational Studies in Mathematics*, 55(1), 199–225.
- Björkholm, E. & Hultén, M. (2013). Primary School Teachers' Development of Subject-Specific Knowledge in Technology during a Design Based Research Project. In J. Williams & D. Geder (Eds.), *PATT27 Technology Education for the Future: A Play on Sustainability* (59-64), Christchurch, New Zealand: University of Waikato
- Björklund, C. (2013). *Vad räknas i förskolan? Matematik 3.5 år*. Lund: Studentlitteratur.
- Black, P., Harrison, C., & Lee, C. (2004). *Working inside the black box: Assessment for learning in the classroom*. London: Granada Learning.
- Black, P., Wilson, M., & Yao, S.-Y. (2011). Road maps for learning: A guide to the navigation of learning progressions. *Measurement: Interdisciplinary Research & Perspective*, 9(2-3), 71-123.
- Blomhøj, M., & Jensen, T. H. (2003). Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning. *Teaching mathematics and its applications*, 22(3), 123-139.
- Blomhøj, M. & Kjeldsen, T. (2006) Teaching mathematical modelling through project work, *T.H. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38: 163. doi:10.1007/BF02655887.
- Blum, W., Galbraith, P. L., Henn, H.-W., & Niss, M. (2007). *Modelling and applications in mathematics education*: Springer New York.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. Competence Viewed as a Continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3-13.
- Boesen, J., Lithner, J. & Palm, T. (2010). The relation between types of assessment tasks and the mathematical reasoning students use. *Educational studies in mathematics*, 75(1), 89–105
- Boesen, J., Lithner, J., & Palm, T. (2010). The relation between types of assessment tasks and the mathematical reasoning students use. *Educational Studies in Mathematics*, 75(1), 89-105.
- Boesen, J., Lithner, J., & Palm, T. (2016). Assessing mathematical competencies: an analysis of Swedish national mathematics tests. *Scandinavian Journal of Educational Research*, E-pub ahead of print.
- Bolam, R., McMahon, A., Stoll, L., Thomas, S., & Wallace, M. (2005). *Creating and sustaining professional learning communities*. Research Report Number 637. London, England: General Teaching Council for England, Department for Education and Skills.
- Bonawitz, E., Shafto, P., Gweon, H., Goodman, N. D., Spelke, E. & Schulz, L. (2011). The double-edged sword of pedagogy: Instruction limits spontaneous exploration and discovery. *Cognition*, 120(3), 322-330
- Bonawitz, E., Shafto, P., Gweon, H., Goodman, N. D., Spelke, E., & Schulz, L. (2011). The double-edged sword of pedagogy: Instruction limits spontaneous exploration and discovery. *Cognition*, 120(3), 322-330.
- Borko, H. (2004). Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain. *Educational Researcher*, 33(8), 3-15.
- Brandt, H., Johansen, B. L. (2009). IT i læreruddannelsen. *MONA*, 2009.
- Bray, B., & McClaskey, K. (2016). *How to Personalize Learning: A Practical Guide for Getting Started and Going Deeper*: SAGE Publications.
- Broch, T., & Egelund, N. (2001). *Elevers interesse for naturfag og teknik - et elevperspektiv på undervisningen*. København: Danmarks Pædagogiske Universitet.
- Broch, T., & Egelund, N. (2002a). *Et forældreperspektiv på naturfagsundervisning*: Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.
- Broch, T., & Egelund, N. (2002b). *Naturfag og teknik - hvad ved vi i dag om elevinteresser, om forudsætninger for undervisning og om resultater?* København, Danmark: Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.
- Broman, K., Ekborg, M. & Johnels, D. (2011). Chemistry in crisis? Perspectives on teaching and learning chemistry in Swedish upper secondary schools. *NorDina*, 7(1), 43 - 60
- Brookhart, S. M. (2012). Grading. In J. H. McMillan (Ed.), *SAGE Handbook of Research on Classroom Assessment* (pp. 257-272). Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.
- Broström, S. (2013). Science i børnehaven. *MONA*, 2013(4), 75-79.

- Broström, S. & Frøkjær, T. (2012). Danske og svenske pædagogers syn på læring i *VERA*. *Tidsskrift for pædagoger*
- Broström, S. & Frøkjær, T. (2013). Science i dagtilbud i *VERA*. *Tidsskrift for pædagoger*
- Broström, S., & Frøkjær, T. (2016). Science i vuggestue og børnehave. *Mona*, (1), 21-34
- Broström, S., & Frøkjær, T. (2013). Ja tak til mere science i dagtilbud. *Vera: Tidsskrift for Pædagoger*, (64), 48 - 53
- Broström, S., & Frøkjær, T. (2015). *Science i dagtilbud*. København: Dansk Pædagogisk Forum.
- Bruun, J. (2009). Kropslige øvelser i fysikundervisning. *Mona*, (1), 44 - 55
- Bråten, I. & Strømsø, H. (2009). Trust Matters: Examining the Role of Source Evaluation in Students' Construction of Meaning Within and Across Multiple Texts. *Reading Research Quarterly*, 44(1), 6–28
- Bulien, T. (2008). Matematikkopplevelser i lærerutdanningen : en fenomenologisk orientert narrativ analyse av studenttekster. PhD thesis. Universitetet i Tromsø.
- Bundsgaard, J. (2006). Nøglekompetencer med bud til de humanistiske fagområder. *Cursiv*, (1), 21 - 51
- Bungum, B., Manshadi, S., & Lysne, D. A. (2014). Mathematical speech and practical action: a case study of the challenges of including mathematics in a school technology project. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(8), 1131-1145.
- Bungum, B. (2006). Transferring and transforming technology education: A study of Norwegian teachers' perceptions of ideas from design & technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 16(1), 31-52.
- Bursjö, I. (2014). Utbildning för hållbar utveckling från en lärarhorisont: sammanhang, kompetenser och samarbete. Doctoral thesis. Göteborgs universitet.
- Busch, H. (2005). ROSE-undersøgelsen – Hvad ved vi om danske elevers interesse for naturvidenskab og naturfag i folkeskolen. In S. Sjøberg (Ed.), *Naturfag som almindelse*. Århus, Danmark: Klim.
- Busch, H. (2005). ROSE-undersøgelsen–Hvad ved vi om danske elevers interesse for naturvidenskab og naturfag i folkeskolen. I: S. Sjøberg, *Naturfag som almindelse*. Århus: Klim.
- Busch, H., & Sørensen, H. (2005). Piger, drenge og naturfag. *Uddannelse*, 02.
- Busch, H., Horst, S., & Troelsen, R. (Red.) (2003). Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser: En antologi. (1 udg.) København: Undervisningsministeriet. (Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie; Nr. 8)
- Butler, R. (1987). Task-involving and ego-involving properties of evaluation: Effects of different feedback conditions on motivational perceptions, interest, and performance. *Journal of Educational Psychology*, 79(4), 474.
- Butler, R. (1988). Enhancing and undermining intrinsic motivation: The effects of task-involving and ego-involving evaluation on interest and performance. *British Journal of Educational Psychology*, 58(1), 1-14.
- Bybee, R. (2015). The BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments. Arlington: National Science Teachers Association.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-.
- Bøe, G.M.V., Henriksen, E.K., Lyon, T., Schreiner, C. (2011). Participation in science and technology: Young people's achievement-related choices in late modern societies i *Studies in Science Education*. Vol47 (1)
- Bøe, M. V. (2012). Science choices in Norwegian upper secondary school: What matters? *Science Education*, 96(1), 1-20.
- Börlin, J. & Labudde, P. (2014). Practical Work in Physics Instruction: An Opportunity to Learn? In E. Hans, P. Labudde, K. Neumann, and J. Viiri (Eds.), *Quality of Instruction in Physics – Comparing Finland, Germany and Switzerland*, (pp. 112–127), Münster, Tyskland: Waxmann Verlag GmbH
- Baandrup, H., Christoffersen, K. Damberg, E, Dolin, J., Heise, I., Ingerslev, G. & Lau, J.(1996) Forsøg nu! - om undervisningsdifferentiering og læreprocesser i gymnasiet og hf (Vbl. 17) København: Undervisningsministeriet, Gymnasieafdelingen.
- Campbell, C. (2012). Research on Teacher Competency in Classroom Assessment. In J. H. McMillan (Ed.), *SAGE Handbook of Research on Classroom Assessment* (pp. 71-84). Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Carlsen, W. S. (1998). Engineering design in the classroom: Is it good science education or is it revolting? *Research in Science Education*, 28(1), 51-63.

- Carstensen, A.-K., & Bernhard, J. (2009). Student learning in an electric circuit theory course: critical aspects and task design. *Educational research impacting engineering education: European Journal of Engineering Education*, 34(4), 393 - 408
- Caspersen, M. & Nowack, P. (2013). Computational Thinking and Practice — A Generic Approach to Computing in Danish High. In *Proceedings of the Fifteenth Australasian Computing Education Conference* (ACE2013), Adelaide, Australia
- Caspersen, S. (2012). Interesseudvikling gennem Nørddagsprojekt. *MONA*, 2012(2), 7-22.
- Christensen, T. S., & Svejgaard, K. L. (2008). Det anvendelsesorienterede perspektiv på hf: FoU-projekt 116360. Forsøg, udvikling og efteruddannelse i de gymnasiale uddannelser. Retrieved from
- Christensen, T. S., Hobel, P., & Paulsen, M. (2012). Evaluering af projekt Innovationskraft og entreprenørskab i gymnasiet i Region Hovedstaden. Innovation i gymnasiet. Rapport 3 og 4. Retrieved from Odense: <http://innogym.dk/innogym/Innoartikler/Dokumenter/Evalueringsrapporter/Innovation%20i%20gymnasiet%20rapport%203%20og%204.pdf>
- Christensen, V. T. (Ed.) (2016). PISA 2015 – Danske unge i en international sammenligning. København: Kora.
- Christenson, N., & Chang Rundgren, S.-N. (2015). A Framework for Teachers' Assessment of Socio-scientific Argumentation: An example using the GMO issue. *Journal of Biological Education*, 49(2), 204-212. doi:10.1080/00219266.2014.923486
- Christenson, N., Chang Rundgren, S.-N., & Höglund, H.-O. (2012). Using the SEE-SEP Model to Analyze Upper Secondary Students' Use of Supporting Reasons in Arguing Socioscientific Issues. *Journal of Science Education and Technology*, 21(3), 342-352. doi:10.1007/s10956-011-9328-x
- Christiansen, I. M. (1997). When negotiation of meaning is also negotiation of task. *Educational Studies in Mathematics*, 34(1), 1-25.
- Christiansen, D. E. (2014). 'Det ene projekt afløser det andet.' Hvordan sikres kvalitet i naturfaglige projekter? En virkningsevaluering. København, Danmark: Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet.
- Cochran-Smith, M. & Zeichner, K.M. (Eds.) (2005). Studying teacher education: The report of the AERA panel on research and teacher education. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- CORE (2016), *Research and Innovation > Ten Trends > 2016*, <http://core-ed.org/research-and-innovation/trends/2016/computational-thinking/>
- Corrigan, D., & Fensham, P. (2002). The roles of chemistry in vocational education. In J. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 125-142). Dordrecht: Kluwer.
- Cowie, B., Moreland, J., Jones, A., & Otrell-Cass, K. (2008). The classroom InSiTE project: Understanding classroom interactions to enhance teaching and learning in science and technology in Years 1-8. Hamilton: University of Waikato.
- Cuban, L. (2001). *Oversold & Underused, Computers in the Classroom*. USA: Harvard
- Cunningham, C. M. & Carlsen, W.S. (2014). Precollege engineering education. In N. Lederman (Ed.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 747-758). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Czerniak, C. M., & Johnson, C. C. (2014). Interdisciplinary science teaching. In N. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. 2, pp. 395-411). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dabney, K. P., Tai, R. H., Almarode, J. T., Miller-Friedmann, J. L., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Hazari, Z. (2012). Out-of-School Time Science Activities and Their Association with Career Interest in STEM. *International Journal of Science Education, Part B*, 2(1), 63-79. doi:10.1080/21548455.2011.629455
- Dahlgren Johansson, A., & Sumpter, L. (2010). Children's conceptions about mathematics and mathematics education. Paper presented at the MaVi-16.
- Dahlgren, L.-O., & Szczepanski, A. (2001). *Udendørspædagogik: boglig dannelse og sanselig erfaring*. København, Danmark: Born & Unge
- Danmarks Evalueringsinstitut. (2001). *Teknik og naturvidenskab. Kortlægning af initiativer der skal fremme interessen for teknik og naturvidenskab*. København: Danmarks Evalueringsinstitut.
- Danmarks Naturfredningsforening (2004). *Børn og natur*. TNS Gallup for Danmarks Naturfredningsforening.
- Danmarks Vækstråd (2016a). Rapport om kvalificeret arbejdskraft, Lokaliseret 2016.12.17 på http://danmarksvaekstraad.dk/file/634221/Rapport_om_kvalificeret_arbejdskraft.pdf.

- Danmarks Vækstråd (2016b). Vækst i hele Danmark. En effektiv og sammenhængende indsats for vækst og erhvervsudvikling. Lokaliseret 2016.12.17 på <http://danmarksvaekstraad.dk/forside/0/2>.
- Darling-Hammond, L. (2005). Policy and change: Getting beyond bureaucracy , i Hargreaves A. (red.) *Extending educational change*, Springer, 362-387.
- Darling-Hammond, L. (2006). *Creating powerful teacher education*. John Wiley and Sons ltd.
- Darling-Hammond, L., & McLaughlin, M. W. (1995). Policies that support professional development in an era of reform. [electronic version]. *Phi Delta Kappan*, 76(8).
- Darling-Hammond, L., Hammerness, K., Grossman, P. Rust, F. and Shulman, L. (2005). The design of teacher education programs. In Darling-Hammond, L. and Bransford, J. (red). *Preparing teachers for a changing world*. San Fransisco: Jossey-Bass.
- Den Store Danske Encyklopædi, bd. 4 (1996). København: Danmarks Nationalleksikon.
- Desimone, L.M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher* (38), 181-199.
- Dillon, J. (2008). A review of the research on practical work in school science. London, UK: King's College
- Dohn, N. B. (2007). Gymnasieelevers situationelle interesse i forskellige læringssammenhænge i faget biologi. Odense, Danmark: Institut for Filosofi, Pædagogik og Religionsstudier, Syddansk Universitet
- Dohn, N. B. (2014). Motiverende og interesseskabende naturfagsundervisning. Danmark: Aarhus Universitet
- Dolin, J. (2003). Fysikfaget i forandring: læring og undervisning i fysik i gymnasiet med fokus på dialogiske processer, autenticitet og kompetenceudvikling. Roskilde, Danmark: Roskilde Universitet. (Tekster fra IMFUFA; Nr. 415).
- Dolin, J. (2013): Dannelse, kompetence og faglighed. In E. Damberg, J. Dolin, G.H. Ingerslev & P. Kaspersen (Eds.), *Gymnasiepædagogik – en grundbog* (pp. 67-86). København, Danmark: Hans Reitzels Forlag.
- Dolin, J. (2013). Læringsteorier. In E. Damberg, G. Ingerslev, J. Dolin (Eds.): *Gymnasiepædagogik en grundbog* (pp. 156 – 205). København, Danmark: Hans Reitzels Forlag
- Dolin, J. (2014). Naturfaglige kompetencer: om kompetencetænkningen i nye Forenklede Fælles Mål. In S. Tougaard, & L. H. Kofod (Eds.), *Metoder i naturfag: en antologi*. (pp. 49-66). København, Danmark: Experimentarium
- Dolin, J. (2016). Idealer og realiteter i målorienteret undervisning. *Cursiv*, 19(1), 67-87.
- Dolin, J., & Krogh, L. B. (2010). The Relevance and Consequences of Pisa Science in a Danish Context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 565-592. doi:10.1007/s10763-010-9207-6
- Dolin, J., & Krogh, L. B. (2011). *PISA 2006 Science testen og danske elevers naturfaglige formåen*. København: Institut for Naturfagenes Didaktik.
- Dolin, J., Jacobsen, L. B., Jensen, S. B., & Johannsen, B. F. (2016). Evaluering af naturvidenskabelig almendannelse i stx- og hf-uddannelserne. *MONA Forskningsrapportserie*, 3.
- Dolin, J., Krogh, L.B. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. In H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (Eds.) *Inspiration til Fremtidens Naturfaglige Uddannelser – en antologi* (pp. 59 – 142). Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 8 – 2003. København, Danmark: Undervisningsministeriet.
- Donnelly, J. (2009). Vocationalism and school science education. *Studies in Science Education*, 45(2), 225-254.
- Doverborg, E. & Pramling Samuelsson, I. (1999). *Förskolebarn i matematiken värld*. Stockholm: Liber.
- Du, H.S., Wagner, C. (2006) .Weblog success: Exploring the role of technology i *InternationalJournal of Human-Computer Studies* 64(9), 789–798
- DuFour, R. (2004). What is a “Professional Learning Community”? [electronic version]. *Educational Leadership*, 61(8), 6.
- DuFour, R. & Marzano, R.J. (2015). *Ledere af læring*. Dafolo.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Eccles, J. (2007). Where are all the women? Gender differences in participation in physical science and engineering i Ceci, S.J. & Williams, W.M. (Ed) *Why Aren't More Women in Science*. Top Researchers Debate the Evidens. London: American Psychological Association.
- Egelund, N., & Hulvei, P. (2002). Folkeskoleelevers holdninger til naturfag og teknik. En kvantitativ undersøgelse omfattende 1050 elever: København, Danmark: Danmarks Pædagogiske Universitet.
- Egelund, N., & Hulvei, P. (2002). Folkeskoleelevers holdninger til naturfag og teknik. En kvantitativ undersøgelse omfattende 1050 elever: København: Danmarks Pædagogiske Universitet.

- Eilks, I., Nielsen, J. A., & Hofstein, A. (2014). Learning About the Role and Function of Science in Public Debate as an Essential Component of Scientific Literacy. In C. Bruguière, A. Tiberghien, & P. Clément (Eds.), *Topics and Trends in Current Science Education: 9th ESERA Conference Selected Contributions* (pp. 85-100). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Ejbye-Ernst, N. (2012a). *Pædagogers formidling af naturen i naturbørnehaver*. Ph.d.-afhandling. Aarhus: Danmarks Pædagogiske Universitetsskole, Institut for Uddannelse og Pædagogik.
- Ejbye-Ernst, N. (2012b). Pædagogers formidling af naturen til børnehavebørn. *MONA*, 2012(3), 7-22.
- Ekborg, M. (2005). Is heat generated from a crematorium an appropriate source for district heating? Student teachers' reasoning about a complex environmental issue. *Environmental Education Research* 11(5), 557-573.
- Ekborg, M., Ideland, M., & Malmberg, C. (2009). Science for life—a conceptual framework for construction and analysis of socio-scientific cases. *Nordic Studies in Science Education*, 5(1), 35-46.
- Ekborg, M., Nyström, E., & Ottander, C. (2009). Working with socio-scientific issues (SSI) – Teachers' perspectives. Paper presented at the ESERA, Istanbul, Tyrkiet.
- Elfström, I. (2014). Barn och naturvetenskap: upptäcka, utforska, lära i förskola och skola: Liber.
- Ellebæk, J.J. (2005). Support af nye natur/teknik-lærere, *MONA* 2006 -2.
- Ellebæk, J.J. & Evans, B. (2005). Support af nye natur/teknik lærere. *MONA* 2005(2), 40-55.
- Ellebæk, J.J. & Nielsen, B.L. (2016). Pedagogical Content Knowledge (PCK) – et tiltrængt naturfagsdidaktisk forskningsfelt i Danmark? *MONA* 2016-4, 37-55.
- Elmeskov, D. C., Bruun, J., & Nielsen, J. A. (2015). Evaluering af bioteknologi A som forsøgsfag i stx og htx. *MONA Forskningsrapportserie, I*(1), 1-99.
- Elmose, Steffen (2012). Naturfaglig kompetence - fra didaktisk begreb til operationelt undervisningsmål. In N. Gericke & B. Schüllerqvist (Eds.), *Ämnesdidaktisk komparation: Länder, ämnen, teorier, metoder, frågor och resultat* (pp 161 - 174). Karlstad, Sweden: Karlstad University Press
- Engle, R.A., & Conant, F. R. (2002). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining an emergent argument in a community. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399-483.
- Epstein, S. & Epstein, B. (1961). *The First Book of Teaching Machines*. Danbury, CT: Franklin Watts, Inc.
- Eshach, H. (2003). Inquiry-events as a tool for changing science teaching efficacy belief of kindergarten and elementary school teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 12(4), 495-501.
- Eshach, H., & Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 315-336.
- EU-kommissionen. (2010). Europe 2020: A Strategy For Smart, Sustainable And Inclusive Growth. Retrieved from Brussels:
- EVA (2001). Teknik og naturvidenskab. Kortlægning af initiativer der skal fremme interessen for teknik og naturvidenskab. København: Danmarks Evalueringsinstitut.
- EVA (2009). Det tekniske og naturvidenskabelige fagområde på htx og stx - Evaluering af fagområder 2008. København: Danmarks Evalueringsinstitut.
- EVA (2015) Natur og naturfænomener i dagtilbud. Stærke rødder og nye skud: Danmarks Evalueringsinstitut. København: Danmarks Evalueringsinstitut.
- EVA (2016). *Karaktergivning i gymnasiet*. København: Danmarks Evalueringsinstitut.
- Evagorou, M., Dillon, J., Viiri, J., & Albe, V. (2015). Pre-service Science Teacher Preparation in Europe: Comparing Pre-service Teacher Preparation Programs in England, France, Finland and Cyprus. *Journal of Science Teacher Education*, 26 (1), 99-115.
- Fagerberg, J. (2006). Innovation: A Guide to the Literature. In J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson (Eds.), *The Oxford handbook of innovation* (pp. 1-26). Oxford: Oxford University Press.
- Fehr, A.V.D. (2016). Exploring social networks of science education actors in Danish Science Municipalities. Ph.D. The Faculty of Science, Department of Science Education. University of Copenhagen.
- Feinam-Nemser, S.(2001). From preparation to practice;: designing a continuum to strengthen and sustain teaching. *Teachers College Record*, 103(6), 1013-1055.
- Fiedler, S. & Våljetaga, T. (2011). *"Personal learning environments: concept or technology?"*. International Journal of Virtual and Personal Learning Environments 2(4): 1–11.
- Finnäs, B. K. (2008). Det var interessant men måste tänka så mycket - Öppna laborationer och V-diagram i kemiundervisningen. Åbo, Sweden: Åbo Akademis Forlag
- Fleer, M. (2000a). Interactive technology: Can children construct their own technological design briefs? *Research in Science Education*, 30(2), 241-253.

- Fletcher, J.D., Tobias, S. & Wisner, R.L. (2007). Learning anytime, anywhere: Advanced distributed learning and the changing face of education. *Educational Researcher* 36(2), 96–102
- Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J. S., Marx, R. W. & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081-1110.
- Fourez, G. (1997). Scientific and Technological Literacy as a Social Practice. *Social Studies of Science*, 27(6), 903-36.
- Fredlund, T., Airey, J., & Linder, C. (2012). Exploring the role of physics representations: an illustrative example from students sharing knowledge about refraction, *European Journal of Physics*, 33(3), 657 - 666
- Frejd, P., & Ärleback, J. B. (2011). First results from a study investigating Swedish upper secondary students' mathematical modelling competencies *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 407-416): Springer.
- Freudenthal, H. (2006). *Revisiting mathematics education: China lectures* (Vol. 9): Springer Science & Business Media.
- Frimodt-Møller, I. & Sendrup, L. (2001). Kønsadskilt undervisning, gruppearbejde og lærersamarbejde: en anden pædagogisk historie. Forlag: Paritas Grafik
- Frøyland, M., Remmen, K. B., & Sørvik, G. O. (2016). Name-Dropping or Understanding?: Teaching to Observe Geologically. *Science Education*, 100(5), 923-951. doi:10.1002/sce.21232
- Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change* (4th ed.). New York, NY: Teachers College Press.
- Furberg, A. & Ludvigsen, S. (2008). Students' Meaning-making of Socio-scientific Issues in Computer Mediated Settings: Exploring learning through interaction trajectories. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1775-1799.
- Geijerstam, Å. (2006). Att skriva i naturorienterande ämnen i skolan. Uppsala, Sweden: Institutionen för lingvistik och filologi, Uppsala University
- Geller, C., Neumann, K., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2014). What Makes the Finnish Different in Science? Assessing and Comparing Students' Science Learning in Three Countries. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3042-3066. doi:10.1080/09500693.2014.950185
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK; results of the thinking from the PCK summit. In A. Berry, & P. Friedrichsen (red), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*, 28-42. New York and London: Routledge.
- Gess-Newsome, J. & Lederman, N.G. (red.) (1999). *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Ginns, I. S., Norton, S. J., McRobbie, C. J., & Davis, R. S. (2007). Can twenty years of technology education assist 'grass roots' syllabus implementation? *International Journal of Technology and Design Education*, 17(2), 197-215. doi:10.1007/s10798-006-7505-7
- Gov.uk - Department for Education (2014). *Statutory guidance. National curriculum in England: computing programmes of study*. Lokaliseret 2016.12.21 på <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study/>.
- Grahn, P., Mårtensson, F., Lindblad, B., Nilsson, P. & Ekman, A. (2000). Børns udeleg. Betingelser og betydning. *Pædagogisk Bogklub*.
- Greene, L. C. (1991). Science-centered curriculum in elementary school. *Educational Leadership*, 49(2), 42-46.
- Grover, S. & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12 : A Review of the State of the Field *Educational Researcher* 2013 42:38. DOI: 10.3102/0013189X12463051.
- Gruvberg, C. (2008). Kemilaborationens bidrag till förståelse - högskolestudentens perspektiv. Gothenburg, Sweden: Department of Chemistry, University of Gothenburg
- Grønmo, L. S., Kjænsli, M., & Lie, S. (2004). Looking for cultural and geographical factors in patterns of responses to TIMSS items. In C. Papanastasiou (Ed.), *Proceedings of the IRC-2004 TIMSS* (Vol. 1, pp. 99-112). Lefkosia: Cyprus University Press.
- Guskey, T. R. (2003). What makes professional development effective? *Phi Delta Kappan*, 80, 748–750.
- Guskey, T.R. (2000) *Evaluating Professional Development*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Guzdial, M. (2016). Learner Centered Design of Computer Education. Research on Computing for Everyone. Human-Centered Informatics, Penn State University.
- Gyllenpalm, J. (2010). Teachers' Language of Inquiry: The Conflation Between Methods of Teaching and Scientific Inquiry in Science Education. Doctoral Thesis. Stockholm University.

- Gyllenpalm, J. & Wickman, P. (2011). The Uses of the Term Hypothesis and the Inquiry Emphasis Conflation in Science Teacher Education. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1993-2015.
- Gyllenpalm, J., Wickman, P.O., & Holmgren, S.O. (2009). Teachers' Language on Scientific Inquiry: Methods of teaching or methods of inquiry? *International Journal of Science Education*, 32(9), 1151 - 1172
- Gyllenpalm, J., Wickman, P.O., & Holmgren, S. (2010). Secondary science teachers' selective traditions and examples of inquiry-oriented approaches. *NorDiNa* 6(1), 44-60.
- Gyllenpalm, Jakob (2010). Teachers' Language of Inquiry: The Conflation Between Methods of Teaching and Scientific Inquiry in Science Education. Stockholm, Sweden: Department of Mathematics and Science Education, Stockholm University
- Halldén, O., Petersson, G., Scheja, M., Ehrlén, K., Haglund, L., Österlind, K., & Stenlund, A. (2002). Situating the question of conceptual change. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 137-148). Netherlands: Springer.
- Hamza, K. (2010). Contingency in high-school students' reasoning about electrochemical cells: Opportunities for learning and teaching in school science. Stockholm, Sweden: Department of Mathematics and Science Education, Stockholm University
- Hamza, K. (2013). Distractions in the School Science Laboratory. *Research in Science Education*, 43(4), 1477–1499
- Hamza, K. M., & Wickman, P.-O. (2013). Student engagement with artefacts and scientific ideas in a laboratory and a concept-mapping activity. *International Journal of Science Education*, 35(13), 2254-2277
- Hamza, K., & Wickman, P.-O. (2008). Describing and analyzing learning in action: An empirical study of the importance of misconceptions in learning science. *Science Education*, 92(1), 141–164
- Hamza, K., & Wickman, P.-O. (2008). Reasoning about Electrochemical Cells in a Concept Mapping Activity and in the School Laboratory. *Proceedings of the Third Int. Conference on Concept Mapping*, Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland
- Hamza, K., & Wickman, P.-O. (2009). Beyond explanations: What else do students need to understand science? *Science Education*, 93(6), 1026–1049
- Hamza, K.M., & Wickman, P.O. (2012). Supporting students' progression in science: Continuity between the particular, the contingent, and the general. *Science Education*, 97(1), 113–138
- Hannula, M. S. (2006). Affect in mathematical thinking and learning. *New mathematics education research and practice*, 209-232.
- Hannula, M. S., Di Martino, P., Pantziara, M., Zhang, Q., Morselli, F., Heyd-Metzuyanim, E., . . . Jansen, A. (2016). Attitudes, Beliefs, Motivation, and Identity in Mathematics Education *Attitudes, Beliefs, Motivation and Identity in Mathematics Education* (pp. 1-35): Springer.
- Hannula, M. (2016). Attitudes, Beliefs, Motivation, and Identity in Mathematics Education. *ICME-13 Topical Surveys*, 1-35.
- Hansen P. J. K. (2010). Knowledge about the Greenhouse Effect and the Effects of the Ozone Layer among Norwegian Pupils Finishing Compulsory Education in 1989, 1993, and 2005 - What Now? *International Journal of Science Education*, 32(3), 397-419
- Hansen, R. (2016). På vej mod en målbevidst målstyret kompetenceorienteret matematikundervisning. *Studier i læreruddannelse og-profession*, 1(1), 28-54.
- Hansen, S. H. (2007). Udfordringer for det tværfaglige samspil i gymnasiet. *MONA*, 2007(1), 50-65.
- Hansson, O. (2006). *Studying the views of preservice teachers on the concept of function*. Doctoral Thesis. Luleå University of Technology.
- Hargreaves, A. (2000). Nye lærere, nye tider: lærerarbejde og lærerkultur i en postmoderne tid, Klim, Aarhus.
- Harlen, W. (2007). *Assessment of Learning*. London: Sage Publications Ltd.
- Hasse, C. (2002). *Kultur i bevægelse: fra deltagerobservation til kulturanalyse - i det fysiske rum*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.
- Hasse, C., Sinding, A. (2012). The Cultural Context of Science Education. I D. Jorde, J. Dillon (Eds.) *Science Education Research and Practice in Europe*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hasweh, M. (2013), Chapter 6 Pedagogical Content Knowledge: Twenty-Five Years Later. In C. J. Craig, P. C. Meijer, J. Broeckmans (red), *From Teacher Thinking to Teachers and Teaching: The Evolution of a Research Community (Advances in Research on Teaching, Volume 19)*, 115-140. Emerald Group Publishing Limited.
- Hattie, J. (2008). Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London & New York: Routledge.

- Hattie, J. (2012). Visible learning for teachers: Maximizing impact on learning. Routledge. New York, NY.
- Haue, H. (2004). Almendannelse for tiden. Odense, Danmark: Syddansk Universitetsforlag.
- Healy, M. (2005): Linking research and teaching: exploring disciplinary spaces and the role of inquiry based learning. I R. Barnett (red), *Reshaping the university: New relationships between research, scholarship and teaching*, s. 67-78. Open University Press.
- Hedefalk, M., Almqvist, J., & Lidar, M. (2014). Teaching for Action Competence. *SAGE Open*, 4(3). doi:10.1177/2158244014543785
- Hedefalk, M., Almqvist, J., & Lidar, M. (2014). Teaching for Action Competence. *SAGE Open*, 4, 1-8
- Heintz, F., Mannila, L., Färnqvist (2016). A review of models for introducing computational thinking, computer science and computing in K-12 education. *Frontiers in Education Conference (FIE), 2016 IEEE*. DOI: [10.1109/FIE.2016.7757410](https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757410)
- Helldén, G. (2005). Exploring understandings and responses to science: A program of longitudinal studies. *Research in Science Education* 35(1), 99-122.
- Helldén, Gustav (2004). A study of recurring core developmental features in students' conceptions of some key ecological processes. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education* 4(1), 59-76.
- Helmke, A., Meyer, H., Lankes, E., Ditton, H., Piffner, M., Walter, C., . . . Heymann, H. (2008). *Hvad vi ved om god undervisning* (J. P. Christiansen, Trans.). København: Dafolo.
- Henning, H., & Keune, M. (2007). Levels of modelling competencies *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 225-232): Springer.
- Hewson, P. W. (2007). Teacher professional development in science. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1177-1203). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111-127.
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational psychologist*, 41(2), 111-127.
- Hobel, P., & Christensen, T. S. (2012). Innovative evner og de gymnasiale uddannelser In M. Paulsen & S. H. Klausen (Eds.), *Innovation og Læring* (pp. 49-73). Aalborg: Aalborg University Press.
- Hodson, D. (2009). Technology in science-technology-society-environment (STSE) education: Introductory remarks. In A. T. Jones & M. J. De Vries (Eds.), *International handbook of research and development in technology education* (pp. 265-273). Rotterdam: Sense.
- Hoff, A. (2001). Børns holdninger til fysik og kemi: belyst gennem TIMSS-undersøgelsen. Danmark: Danmarks Pædagogiske Institut.
- Hoff, A. (2001). Børns holdninger til fysik og kemi: belyst gennem TIMSS-undersøgelsen: Danmarks Pædagogiske Institut.
- Holm, C., & Jacobsen, L. B. (2013). Anvendelsesorientering i de naturvidenskabelige fag – erfaringer fra seks gymnasieudviklingsprojekter. København: Institut for Naturfagenes Didaktik.
- Holmegaard, H. T., Madsen, L. M., & Ulriksen, L. (2014). A journey of negotiation and belonging: understanding students' transitions to science and engineering in higher education. *Cultural Studies of Science Education*, 9(3), 755-786.
- Holmegaard, H. T., Madsen, L. M., & Ulriksen, L. (2014). To choose or not to choose science: Constructions of desirable identities among young people considering a STEM higher education programme. *International Journal of Science Education*, 36(2), 186-215
- Holmegaard, H. T., Ulriksen, L., & Madsen, L. M. (2014). The Process of Choosing What to Study: A longitudinal Study of Upper Secondary Students' Identity Work when Choosing Higher Education. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 58(1), 21-40.
- Holmegaard, H. T., Ulriksen, L., & Madsen, L. M. (2015). Hvorfor vælger de unge ikke naturvidenskab? En kvalitativ undersøgelse af gymnasieelevers valgovervejelser og identitetsarbejde. *MONA*, 2015(3), 43-59.
- Holmquist, M. (2004). Prospective mathematics teachers' learning in geometry – The beginning of a longitudinal study on teacher education. Paper presented at MADIF4 conference, Sweden, Malmö
- Hom, E.J. (2014) What is STEM Education?, lokaliseret 2016.12.17 på <http://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html>.
- <http://q-model.dk/quest-projektet/forskning-i-quest/> (sidst tilgået 2016.12.13)

- Hultén, M. & Björkholm, E. (2016). Epistemic habits: primary school teachers' development of pedagogical content knowledge (PCK) in a design-based research project. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(3), 335–351.
- Hurley, M. M. (2001). Reviewing integrated science and mathematics: The search for evidence, *School Science and Mathematics*, 101-5, 259-268.
- Hurley, M. M. (2001). Reviewing integrated science and mathematics: The search for evidence and definitions from new perspectives. *School Science and Mathematics*, 101(5), 259-268.
- Hyllested, T. (2007a). *Når læreren tager skolen ud af skolen*. (Ph.D.), Danmarks Pædagogiske Universitet, København.
- Hyllested, T. (2007b). Når skolen tages ud af skolen. *MONA*, 2007(4), 25-34.
- Hähkiöniemi, M. (2013) Teacher's reflections on experimenting with technology-enriched inquiry-based mathematics teaching with a preplanned teaching unit. *The Journal of Mathematical Behavior*, 32(3), 295–308
- Højgaard, T. (2007). Assessing mathematical modelling competency. *Mathematical Modeling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics*, 141-148.
- Højgaard, T. (2009). Competencies, skills and assessment. In R. Hunter, B. Bicknell, & T. Burgess (Eds.), *Crossing divides: Proceedings of the 32nd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 225-231). Palmerston North, NZ: MERGA.
- Illeris, K. (2015). *Kompetence. Hvad, hvorfor, hvordan?* Danmark: Samfundslitteratur.
- Informatics Europe & ACM. (2013). Informatics education: Europe cannot afford to miss the boat Report of the joint Informatics Europe & ACM Europe Working Group on Informatics Education. lokaliseret 2016.12.21 på <http://www.informatics-europe.org/images/documents/informatics-education-acmie.pdf>.
- Iversen, S. M. (2014). *Skrivning og skriveudvikling i de gymnasiale matematikfag*. Odense, Danmark: Det humanistiske Fakultet - Institut for Kulturvidenskaber, Syddansk Universitet
- Iversen, S. M., & Michelsen, C. (2009). Samspillet mellem matematik og de andre fag i gymnasieskolen. *MONA*, 2009(2), 21-36.
- Jacobsen, B. (2009). Från begrepp till utforskande arbetssätt- forskning om NO-undervisning i grundskolans tidigare år, Utbildningsförvaltningen, Stockholms stad
- Jacobsen, B., & Wickmann, P.O. (2008). The Roles of Aesthetic Experience in Elementary School Science. *Research in Science Education*, 38(1), 45–65
- Jacobsen, J.C. & Elmeskov, D.C. (udateret). Det ene projekt afløser det andet. Hvordan sikres kvalitet i naturfaglige projekter, NEUC, KU. Sidst tilgået 2016.12.15 på <http://www.neuc.dk/wp-content/uploads/2015/02/2130-Det-ene-projekt-afl%C3%B8ser...-070215pdf.pdf>
- Jacobsen, K., Jensen, L., & Størner, T. (2010). Den praksisnære undervisning og den fagstolte elev i de merkantile, social- og sundheds- og landbrugs- uddannelserne. Aarhus: UC Metropol – NCE.
- Jacobsen, L. B. (2008). Formål med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen. *MONA* (4), 11 - 41
- Jacobsen, L. B. (2010). Linking physics labwork activities to their potential learning outcomes: does a declaration make a difference. Roskilde, Danmark: Institut for Natur, Systemer og Modeller, Roskilde Universitet
- Jakobsen, B. & Wickman, P.- O. (2007). Transformation through Language Use: Children's Spontaneous Metaphors in Elementary School Science. *Science & Education*, 16(3), 267–289
- Jakobsson, A., Mäkitalo, & Säljö, R. (2009). Conceptions of knowledge in research on students' understanding of the greenhouse effect: Methodological positions and their consequences for representations of knowing. *Science Education*, 93(6), 978–995
- Jankvist, U. T. (2008). Den matematikhistoriske dimension i undervisning-gymnasialt set. *Mona: Matematik Og Naturfagsdidaktik*.
- Jankvist, U. T. (2009). Using history as a 'goal' in mathematics education.
- Jankvist, U. T. (2014). A historical teaching module on 'the unreasonable effectiveness of mathematics': Boolean algebra and Shannon circuits. *BSHM Bulletin: Journal of the British Society for the History of Mathematics*, 29(2), 120-133.
- Jankvist, U. T., Nielsen, J. A., & Michelsen, C. (2011). 'Modeling and Interdisciplinarity' – a course for pre-service upper secondary teachers. Paper presented at the 11th meeting of the International History, Philosophy and Science Teaching Group, Thessaloniki, Greece.
- Jankvist, U.T. & Niss, M. (2015). A framework for designing a research-based "maths counsellor" teacher programme. *Educational Studies in Mathematics*. 90-3, 259-284.

- Jankvist, U.T. & Niss, M. (2015). A framework for designing a research-based mathscounsellor teacher programme, *Educ. Stud. Math.* 90, 259–284, DOI 10.1007/s10649-015-9629-8.
- Jauhiainen, J. (2013). Effects of an in-service training program on physics teachers' pedagogical content knowledge: The role of experiments and interacting bodies in teaching Newtonian mechanics. Doctoral Dissertation. University of Helsinki.
- Jensen, C. J. (2006). To uforenelige verdener? *MONA*, 2006 (1), 41-62
- Jensen, K. B. (2010). Tværfaglige samspil mellem matematik og historie i gymnasiets studieretningsprojekt (SRP). *MONA*, 2010(1), 32-53.
- Jensen, T. H. (2009). Modellering versus problemløsning—om kompetencebeskrivelser som kommunikationsværktøj. *MONA: Matematik-og Naturfagsdidaktik-tidsskrift for undervisere, forskere og formidlere*, 37-54.
- Jerneck, A., Olsson, L., Ness, B., Anderberg, S., Baier, M., Clark, E., Persson, J. (2011). Structuring sustainability science. *Sustainability Science*, 6(1), 69–82.
- Jess, K. (2004). Formativ Evaluering i Matematikundervisningen – Ændringer i praksis. *Nordisk Matematikdidaktik (NOMAD)*, 9(4).
- Jess, K. (2005). Konsekvenser af evaluering i matematikundervisning. *MONA*, 2005(2), 22-39.
- Jessen, C. (2001). Børn, leg og computerspil. Odense, Danmark: Syddansk Universitetsforlag.
- Johansen, S. L. (2013): IPads som legetøj – medialiseringen af børns leg i *Vera, tidsskrift for pædagoger*.
- Johansen, S. L. & Karoff, H. S. (2016). Medier i dagtilbud i Gravesen, D. T. (red.) *Pædagogik i dagtilbud*. Hans Reitzels Forlag, Kap. 515, s. 505
- Johansson, A.-M. (2012). Undersökande arbetssätt i NO-undervisningen i grundskolans tidigare årskurser. Stockholm, Sweden: Studies in science and technology education, Stockholm University
- Johnsen, M., Alrø, H. (2010). Trenger en å spørre for å være spørrende? *Tidsskriftet FoU i praksis* 4 (3).
- Jonassen, D.H. (2000). Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking, 2nd edn., Merrill, Upper Saddle River, N.J
- Jones, A., Bunting, C., & de Vries, M. J. (2013). The developing field of technology education: a review to look forward. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2), 191-212.
doi:10.1007/s10798-011-9174-4
- Jones, A., Harlow, A., & Cowie, B. (2004). New Zealand Teachers' Experiences in Implementing the Technology Curriculum. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(2), 101-119.
doi:10.1023/B:ITDE.0000026549.08795.9e
- Jones, M. G., Howe, A., & Rua, M. J. (2000). Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. *Science Education*, 84(2), 180-192.
- Juntunen, M., & Aksela, M. (2013). Life-Cycle Analysis and Inquiry-Based Learning in Chemistry Teaching. *Science Education International*, 24(2), 150-166
- Juntunen, M., & Aksela, M. (2013). Life-Cycle Thinking in Inquiry-Based Sustainability Education-Effects on Students' Attitudes towards Chemistry and Environmental Literacy. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 3(2), 157 - 180.
- Juntunen, M., & Aksela, M. (2013). Life-Cycle Thinking in Inquiry-Based Sustainability Education-Effects on Students' Attitudes towards Chemistry and Environmental Literacy. *CEPS Journal: Center for Educational Policy Studies Journal*, 3(2), 157.
- Juuti, K., & Lavonen, J. (2016). How teaching practices are connected to student intention to enrol in upper secondary school physics courses. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 204-218.
- Juuti, K., & Lavonen, J. (2016). How teaching practices are connected to student intention to enrol in upper secondary school physics courses. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 204-218.
- Juuti, K., Lavonen, J., & Meisalo, V. (2004). Learning Newtonian mechanics in virtual and real learning environments in grade 6 in Finnish primary school. In V. Uskov (Ed.), *Proceedings of the IASTED International conference on web-based education*, (pp. 567-572). Anaheim: Acta press.
- Juuti, K., Lavonen, J., Uitto, A., Byman, R., & Meisalo, V. (2010). Science teaching methods preferred by grade 9 students in Finland. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 611-632
- Juuti, K., Lavonen, J., Uitto, A., Byman, R., & Meisalo, V. (2010). Science teaching methods preferred by grade 9 students in Finland. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 611-632.
- Järvelä, S., Veermans, M., Leinonen, P. (2008). Investigating student engagement in computer-supported inquiry: a process-oriented analysis. *Social Psychology of Education*, 11(3), 299 –322

- Kaasila, R., Hannula, M. S., Laine, A., & Pehkonen, E. (2008). Socio-emotional orientations and teacher change. *Educational Studies in Mathematics*, 67(2), 111-123.
- Karppinen, S., Kallunki, V., Kairavuori, S. Komulainen, K., & Sintonen, S. (2013). Interdisciplinary Integration in Teacher Education. In K. Tirri, E. Kuusisto (Eds.) *Interaction in Educational Domains*. Sense Publishers. pp 149-158
- Kaspersen, E., Pepin, B., & Sikko, S.A. (2016). Measuring student teachers' practices and beliefs about teaching mathematics using the Rasch model. *International Journal of Research & Method in Education*, DOI: 10.1080/1743727X.2016.1152468.
- Kauertz, A., Neumann, K., & Haertig, H. (2012). Competence in science education. In B. Fraser, K. Tobin & C.J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 711-721). Netherlands: Springer
- Kjærnsli, M., & Lie, S. (2004). PISA and scientific literacy: Similarities and differences between the Nordic countries. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 48(3), 271-286.
- Kjærnsli, M., & Lie, S. (2011). Students' preference for science careers: International comparisons based on PISA 2006. *International Journal of Science Education*, 33(1), 121-144.
- Klafki, W. (1983). *Kategorial dannelse. Kategorial dannelse og kritisk konstruktiv pædagogik*. S. E. Nordenbo. København, Danmark: Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck.
- Klafki, W. (2001). *Dannelsesteori og didaktik - nye studier*. Århus, Danmark: Klim.
- Klaar, S., & Öhman, J. (2012). Action with friction: a transactional approach to toddlers' physical meaning making of natural phenomena and processes in preschool. *European Early Childhood Education Research Journal*, 20(3), 439 - 454
- Knain, E. (2005). Identity and genre literacy in high-school students' experimental reports. *International Journal of Science Education*, 27(5), 607 - 624
- Koeppen, K., Hartig, J., Klieme, E., & Leutner, D. (2008). Current Issues in Competence Modeling and Assessment. *Zeitschrift für Psychologie*, 216(2), 61-73.
- Kolmos, A. (2016). PBL in the School System. In M. J. d. Vries, L. Gumaelius, & I.-B. Skogh (Eds.), *Pre-university Engineering Education* (pp. 141-153). Rotterdam: SensePublishers.
- Kolodner, J. L. (2002). Facilitating the learning of design practices: Lessons learned from an inquiry into science education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3).
- Kolstø, S. D. (2001a). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.
- Kolstø, S. D. (2001b). 'To trust or not to trust, . . .'- pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), 877-901.
- Kolstø, S. D. (2006). Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-focused Socio-scientific Issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689-1716. doi:10.1080/09500690600560878
- Kolstø, S. D., Bungum, B., Arnesen, E., Isnes, A., Kristensen, T., Mathiassen, K., . . . Ulvik, M. (2006). Science students' critical examination of scientific information related to socioscientific issues. *Science Education*, 90(4), 632-655. doi:10.1002/sce.20133
- Kontkanen, S., Dillon, P., Valtonen, T., Renkola, S., Vesisenaho, M., Väisänen, P. (2016). Pre-service teachers' experiences of ICT in daily life and in educational contexts and their proto-technological pedagogical knowledge. *Education and Information Technologies*, 21-4, 919-943.
- Kontkanen, S., Dillon, P., Valtonen, T., Renkola, S., Vesisenaho, M., Väisänen, P. (2016). Pre-service teachers' experiences of ICT in daily life and in educational contexts and their proto-technological pedagogical knowledge. *Education and Information Technologies*, 21, 4, 919-943.
- Kontkanen, S., Dillon, P., Valtonen, T., Renkola, S., Vesisenaho, M., & Väisänen, P. (2014). Preservice teachers' experiences of ICT in daily life and in educational contexts and their proto-technological pedagogical knowledge. *Education and Information Technologies*, Springer.
- Koper, R. (2004). Use of the semantic web to solve some basic problems in education: Increase flexible, distributed lifelong learning, decrease teacher's workload i *Journal of Interactive Media in Education* 6 <http://www-jime.open.ac.uk/2004/6/>
- Korthagen, F., Loughran, J., & Russel, T. (2006). Developing fundamental principles for teacher education programs and practices. *Teaching and Teacher Education*, 22, 1020-1041.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and instruction*, 12(4), 383-409

- Krogh, L. B. (2006). 'Cultural Border Crossings' i fysikundervisningen - unges forhold til fysik i et kulturelt perspektiv. Aarhus (Denmark): Aarhus University.
- Krogh, L. B., & Andersen, H. M. (2013). "Actually, I May be Clever Enough to do it". Using Identity as a Lens to Investigate Students' Trajectories Towards Science and University. *Research in Science Education*, 43(2), 711-731.
- Krogh, L. B., & Thomsen, P. V. (2001). *Hvordan gik det så med fysikundervisningen og elevernes udbytte?: 2. opfølgning på GFII-undersøgelsen: GFIII-rapport, del A*: Center for Naturfagernes Didaktik, Det naturvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet.
- Krogh, L., & Dolin, J. (2011). PISA 2006 Sciencetesten og danske elevers naturfaglige formåen. Rapport nummer tre fra Validering Af PISA projektet. Hentet 18. December: http://www.ind.ku.dk/forskning/projekter/vap-projektet/VAPrapport3_FINAL_19_maj_2011.pdf
- Krogh, L., & Thomsen, P. V. (2000). GFII-rapport: Undervisningsstil og læringsudbytte: En undersøgelse af fysikundervisningen i 1. G. Hentet 19. December: <http://pure.au.dk/portal/files/39302033/gfiifinal.pdf>
- Krogh, L.B. & Andersen, H.M. (2008). Naturfagslærerens vidensgrundlag – med udgangspunkt i PCK. *MONA*, 2008-3, 36-55.
- Krogh, Lars Brian, Andersen, Hanne Moeller (2013). "Actually, I May be Clever Enough to do it". Using Identity as a Lens to Investigate Students' Trajectories Towards Science and University i *Research in Science Education*, April 2013, Volume 43, Issue 2,
- Kruse, S. (2013). Hvor effektive er undersøgelsesbaserede strategier i naturfagsundervisningen?. *MONA*, (2), 24 - 48
- Kurt, K & Pehlivan, M. (2013). Integrated Programs for Science and Mathematics: Review of Related Litterature, *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1-2, 116-121.
- Käpylä, M., Heikkinen, J-P., & Asunta, T. (2009). Influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*, 31(10), 1395-1415.
- Kaae, B. C., & Madsen, L. M. (2003). Holdninger og ønsker til Danmarks natur. By- og Landsplanserien, 21
- Kaasila, R., Hannula, M. & Laine, A. (2012). "My personal relationship towards mathematics talk has necessarily not changed but ..." analyzing pre-service mathematics teachers' mathematical identity talk. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2012(10) 975-995.
- Kaasila, R., Pehkonen, E., & Hellinen, A. (2010) Finnish pre-service teachers' and upper secondary students' understanding on division and reasoning strategies used. *Educational Studies in Mathematics*, 73(3), 247-261
- Kaasila, R. & Lauriala, A. (2012). How do pre-service teachers' reflective processes differ in relation to different contexts? *European Journal of Teacher Education*, 35(1), 77-89.
- Lambert, J. L., Lindgren, J., & Bleicher, R. (2012). Assessing elementary science methods students' understanding about global climate change. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1167–1187.
- Larsen, S.N. (2013). Dannelse - en samtidskritisk og idéhistorisk revitalisering. Erik Schmidt - Fjordager Tekst & Reklame.
- Lattu, M. (2003). The School from the teacher's perspective: The teaching space of eleven change-oriented teachers (Research report (246). Helsinki, Finland: University of Helsinki, Department of Teacher Education.
- Laugksch, R. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education*, 84, 71-94.
- Laursen, P. F. (2009). Progressiv, konservativ eller virkningsfuld? *Kvan*, 29(84), 7-17.
- Lavonen, J., & Juuti, K. (2012). Science at Finnish Compulsory School. In H. Niemi, A. Toom, & A. Kallioniemi (Eds.), *Miracle of Education: The Principles and Practices of Teaching and Learning in Finnish Schools* (pp. 131-147). Rotterdam: SensePublishers.
- Lavonen, J., & Laaksonen, S. (2009). Context of teaching and learning school science in Finland: Reflections on PISA 2006 results. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 922-944.
- Lavonen, J., Meisalo, V. (2000). Science teachers and technology teachers developing electronics and electricity courses together. *International Journal of Science Education*, 22, 435-446.
- Lavonen, Krzwacki, Koistinen, Welzel-Breuer, Erb (2012). In-service teacher education course module design focusing on usability of ICT applications in science education. *NorDina*, 8-2.
- Lawson, A. E. (2009). Teaching inquiry science in middle and secondary schools. Sage.

- Leach, J., & Scott, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science & Education*, 12(1), 91-113.
- Leach, J., Chr., A., P. (1999) Practical work in science education: Recent research studies. Frederiksberg, Denmark: Roskilde University Press
- Leana, C. R. (2011). The Missing Link in School Reform. *Stanford Social Innovation Review*, 9(4), 30-35.
- Leden, L., Hansson, L., Redfors, A., Ideland, M. (2015). Teachers' Ways of Talking About Nature of Science and Its Teaching. *Science & Education*, 24(9), 1141-1172.
- Lehesvuori, S., Ratinen, I., Kulhomäki, O., Lappi, J., & Viiri, J. (2011). Enriching primary student teachers' conceptions about science teaching: towards dialogic inquiry-based teaching. *Nordina*, 7(2), 140-159.
- Lehesvuori, S., Viiri, J. & Rasku-Puttonen, H. (2011). Introducing dialogic teaching to science student teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 22(8), 705-727.
- Lehtinen, A., Nieminen, P., & Viiri, J. (2016). Preservice teachers' TPACK beliefs and attitudes toward simulations. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 16(2), 151-171.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science : language, learning, and values*. Norwood, N.J.: Ablex Pub. Corp.
- Leppävirta, J. (2012). The Effect of Naïve Ideas on Students' Reasoning About Electricity and Magnetism. *Research in Science Education*, 42(4), 753-767
- Levinson, R., & Turner, S. (2001). The teaching of social and ethical issues in the school curriculum, arising from developments in biomedical research: a research study of teachers. London: The Wellcome Trust.
- Levy, S. T. (2013). Young children's learning of water physics by constructing working systems. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(3), 537-566.
- Lidar, M. (2010). Erfarenhet och sociokulturella resurser: Analyser av elevers lärande i naturorienterande undervisning. Uppsala, Sweden: Acta Universitatis Upsaliensis
- Lidar, M., Lundqvist, E., Östman, L. (2006). Teaching and learning in the science classroom: The interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology. *Science Education*, 90(1), 148-163
- Liljekvist, Y. & Bommel, J.V. (2013). Kunskaper för matematikundervisning – ett lärarutbildarperspektiv. *KAPET Karlstads universitets Pedagogiska Tidskrift*, 9(1), 101-112.
- Lindahl, B. (2003): Lust att lära naturvetenskap och teknik? En longitudinell studie om vägen till gymnasiet. Ph.d.-afhandling. Göteborg Universitet.
- Lindahl, B. (2003): Lust att lära naturvetenskap och teknik? En longitudinell studie om vägen till gymnasiet. Göteborg, Sweden: Göteborg Universitet.
- Lindahl, M. G., & Linder, C. (2013). Students' Ontological Security and Agency in Science Education—An Example from Reasoning about the Use of Gene Technology. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2299-2330. doi:10.1080/09500693.2011.618516
- Lindahl, M. G., & Lundin, M. (2016). How do 15–16 year old students use scientific knowledge to justify their reasoning about human sexuality and relationships? *Teaching and Teacher Education*, 60(Complete), 121-130. doi:10.1016/j.tate.2016.08.009
- Lindhart, L., Ejdrup, F., Skipper-Jørgensen, A. (2010). Ræsonnementer i folkeskolens matematikundervisning – karakterisering, initiering, identificering og vurdering af ræsonnementskompetencen. *MONA*, 2010-4.
- Little, J. W. (2003). Inside teacher community: Representations of classroom practice. *Teachers College Record*, 105(6), 913-945.
- Little, J. W. (2012). Professional community and professional development in the learning centered school. In M. Kooy & K. van Veen (Eds.), *Teacher learning that matters: International perspectives*, 22-46. New York, NY: Routledge.
- Lortie, D.C. (1975). *Schoolteacher: A sociological study*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Lossius, L. L. (2014). Praksis som læringsmetode i ingeniørutdanningen—erfaringer fra ingeniørstudiet i undervannsteknologi-drift og vedlikehold ved Høgskolen i Bergen (HiB). *Uniped*, 1(02), 4-19.
- Loucks-Horsley, S., Stiles, K.E., Mundry, S.E., Love, N.B. & Hewson, P.W (2010). *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics*, 3rd Edition, Corwin Press.
- Loughran, J. (2014). Developing understandings of practice - science teacher learning. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (red), *Handbook of research on science education*, volume II (811-829). Taylor and Francis.
- Loughran, J., Milroy, P., Berry, A., Mulhall, P. & Gunstone, R. (2001). Science cases in action: Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. *Research in Science Education*, 31, 289-307.

- Loughran, J., Milroy, P., Berry, A., Mulhall, P. & Gunstone, R. (2001). Science cases in action: Do-
- Lunde, T., Rundgren, C.J., Rundgren, S.N.C. (2015). När läroplan och tradition möts – hur högstadielärare bemöter yttre förväntningar på undersökande arbete i naturämnesundervisningen. *NorDina* 11(1), 88 - 101
- Lundegaard, I., Wickman, P.-O. (2007). Conflicts of interest: an indispensable element of education for sustainable development. *Environmental Education Research*, 13(1), 1 - 15
- Lundin, M. (2007). Questions as a tool for bridging science and everyday language games. *Cultural Studies of Science Education*, 2(1), 265–279
- Lundström, M., Jakobsson, A. (2012) Scientific trustworthiness – the considerations and perceptions of students. *Utbildning & Lärande*, 6(2), 98 - 116
- Lundström, M., Ekborg, M., & Ideland, M. (2012). To vaccinate or not to vaccinate: how teenagers justified their decision. *Cultural Studies of Science Education*, 7(1), 193-221. doi:10.1007/s11422-012-9384-4
- Lutovac, S. & Kaasila, R. (2014). Pre-service teachers' future-oriented mathematical identity work. *Educational Studies in Mathematics*, 85, 129-142.
- Löfgren, R., Schoultz, J., Hultman, G., Björklund, L.-E. (2011). Kommunera naturvetenskap i skolan – exempel från årskurs 3. B.-G. In Martinsson & S. P. Swärd (Eds.), *Ämnesdidaktik – dåtid, nutid och framtid. Bidrag från femte rikskonferensen i ämnesdidaktik vid Linköpings universitet 26–27 maj 2010. Skrifter från Forum för ämnesdidaktik Linköpings universitet*, nr. 1.
- Majgaard, G. (2010). Robotteknologi og leg som arena for tværfagligt samarbejde. *MONA*, 2010(2), 42-58.
- Malmberg, J., Järvelä, S., Kirschner, P.A. (2014). Elementary school students' strategic learning: does task-type matter? *Metacognition and Learning*, 9(2), 113–136
- Mammes, I. (2004). Promoting Girls' Interest in Technology through Technology Education: A Research Study. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(2), 89-100. doi:10.1023/B:ITDE.0000026472.27439.f6
- Manni, A. Sporre, K. Ottander, C. (2016). Emotions and values – a case study of meaning-making in ESE. *Environmental Education Research*. DOI:10.1080/13504622.2016.1175549
- Mason, T. C. (1996). Integrated curricula: Potential and problems. *Journal of teacher education*, 47(4), 263-270.
- Mathiasen, H. (2002). Personlige bærbare computere i undervisningen. Copenhagen: DPU.
- Mathiasen, H. (2004). Kommunikationsfora og projektorganiseret undervisning. I *Det virtuelle gymnasium: 2. del af følgeforskningsrapport om et udviklingsprojekt*. Kbh.: Undervisningsministeriets forlag.
- Mathiasen, H. (2010). It stiller store krav til lærerne. *Sorø mødet 2010 Uddannelse og udfordringer til alle.*: Hvor er din overligger. Kbh., UVM, 2010.
- Mathiasen, H. (2012). It i undervisningen ifølge elever og lærere. I *MONA: Matematik og Naturfagsdidaktik*, Vol. 2012, Nr. 1.
- Mathiasen, H., Bech, C; Dalsgaard, C; Degn, H-P; Gregersen, C. (2011). Hovedrapport 2011 undervisningsorganisering., former og - medier på langs og tværs af fag og gymnasiale uddannelse, 2. runde, 2012-2013. KBH, UVM
- Mathiasen, H., Bech, C; Dalsgaard, C; Degn, H-P; Gregersen, C. (2012). Hovedrapport 2012 undervisningsorganisering., former og - medier på langs og tværs af fag og gymnasiale uddannelse, 2. runde, 2012-2013. KBH, UVM
- Mathiasen, H., Hansen, G., & Kjær, A. (1998). *Den elektroniske skole*. UVM
- Mathiasen, H., Søndergaard, B.D., Ågård, D., Bendixen, F.H., Andersen, H.L., Lindenskov, L., Misfeldt, M. & Kølsen de Wit, C 2009, *Overgangsproblemer som udfordringer i uddannelsessystemet: Forskningsrapport 2009*. AU.
- Mathiasen, H.; Winther, C. B; Dalsgaard, C.; Degn, H-P; Gregersen, C; Thomsen, M. (2013). *Hovedrapport (2013) undervisningsorganisering., former og - medier på langs og tværs af fag og gymnasiale uddannelse, 3. runde, 2012-2013*. KBH, UVM
- Mathiasen, H.; Aaen, J.; Dalsgaard, C.; Degn, H-P; Thomsen, M. (2014). *Hovedrapport 2014: undervisningsorganisering., former og - medier på langs og tværs af fag og gymnasiale uddannelse, 4. runde, 2012-2014*. KBH, UVM
- Mattias Lundin, Mats Lindahl (2014). Negotiating the relevance of laboratory work: Safety, procedures and accuracy brought to the fore in science education. *NorDina*, 10(1), 32 - 45
- McBride, J. W., & Silverman, F. L. (1991). Integrating elementary/middle school science and mathematics. *School Science and Mathematics*, 91(7), 285-292.

- McLaughlin, M.W. & Talbert, J.E. (2006). *Building School-Based Teacher Learning Communities*. Professional Strategies to Improve Student Achievement, Teachers College press.
- McMillan, J. H. (2012). Why we need research on classroom assessment. In J. H. McMillan (Ed.), *SAGE Handbook of Research on Classroom Assessment* (pp. 3-16). Thousand Oaks: SAGE Publications.
- McMillan, J. H., Myran, S., & Workman, D. (2002). Elementary teachers' classroom assessment and grading practices. *The Journal of Educational Research*, 95(4), 203-213.
- Mehalik, M. M., Doppelt, Y., & Schunn, C. D. (2008). Middle-school Science through design-based learning versus scripted inquiry: Better overall science concept learning and equity gap reduction. *Journal of Engineering Education*, 97(1), 1-15.
- Mehrotra, C.M., Hollister, C.D., McGahey, L. (2001). Distance learning: Principles for effective design. Sage Publications, London
- Meisalo, V., Lavonen, J., Sormunen, K., Vesisenaho, M. (2010). ICT in Finnish Initial Teacher Education - Country report for the OECD/CERI New Millennium Learners Project. ICT in Initial Teacher Training. Reports of the Ministry of Education and Culture.
- Mercer, N. (1995). *The Guided Construction of Knowledge: Talk Amongst Teachers and Learners*. Clevedon: Multilingual Matters.
- Mestad, I., Kolstø, S.D. (2014). Using the Concept of Zone of Proximal Development to Explore the Challenges of and Opportunities in Designing Discourse Activities Based on Practical Work. *Science Education*, 98(6), 1054–1076
- Mettas, A. C., & Constantinou, C. C. (2008). The Technology Fair: a project-based learning approach for enhancing problem solving skills and interest in design and technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 18(1), 79-100. doi:10.1007/s10798-006-9011-3
- Meyer, H. (2005). *Hvad er god undervisning?* København: Gyldendal.
- Michelsen, C. (2005). Expanding the Domain – Variables and Functions in an Interdisciplinary Context Between Mathematics and Physics. In A. Beckmann, C. Michelsen, & B. Sriraman (Eds.), *Proceedings of the 1st International Symposium of Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences* (pp. 201-214). Schwäbisch Gmünd: The University of Education.
- Michelsen, C. (2006). Functions: a modelling tool in mathematics and science. *ZENTRALBLATT FÜR DIDAKTIK DER MATHEMATIK*, 38(3), 269-280.
- Michelsen, C., & Iversen, S. M. (2009). Samspillet mellem matematik og de andre fag i gymnasieskolen- Matematikfaget og reformen af de ungdomsgymnasiale uddannelser. *MONA-Matematik-og Naturfagsdidaktik*(2).
- Michelsen, C. & Nielsen, J. A. (2008). Science and mathematics teachers of the future. *Interracoe*s 4(9), 97-112.
- Millar, R. and Osborne, J. (1998). Beyond 2000: Science education for the future. The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation. London, UK: King's College London.
- Miller, P. H., Blessing, J. S., & Schwartz, S. (2006). Gender differences in high-school students' views about science. *International Journal of Science Education*, 28(4), 363-38.
- Ministeriet for Børn Undervisning og Ligestilling. (2016). *BEK nr 1077 af 08/07/2016 . Bekendtgørelse af lov om erhvervsuddannelser*. København: Ministeriet for Børn Undervisning og Ligestilling.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Misfeldt, M. (2010). Hvilken faglighed mødes nye studerende med?—analyse af introforløb på naturvidenskabelige uddannelser. *Dansk Universitetspædagogisk Tidsskrift*, 5(9), 18-23.
- Misfeldt, M. (2016). Supporting primary-level mathematics teachers' collaboration in designing and using technology-based scenarios. *Journal of Mathematics Teacher Education*. 19-2, 227–241.
- Misfeldt, M., Jankvist, U. T. & Aguilar, M.S. (2016). Teachers' Beliefs about the Discipline of Mathematics and the Use of Technology in the Classroom. *Mathematics Education*, 11(2), 395-419.
- Mogensen, A. (2011). Point-driven Mathematics Teaching. Studying and Intervening in Danish Classrooms, IMFUFA tekst nr. 484/ 2011, RUC
- Mogensen, A. (2015). Lektionsstudier i skolen. Kollegial sparring gennem fælles studier. Frederikshavn: Dafolo.
- Mogensen, A., Nielsen, B. L., & Sillasen, M. K. (2015). Processer der forandrer-fagteamsamarbejde efter QUEST-modellen. *MONA*, 2015(1), 24-48.
- Mogensen, A., Nielsen, B.L. & Sillasen, M., (2015). Processer der forandrer – fagteamsamarbejde efter QUEST modellen, *MONA*, 2015-1, 24-48.

- Mork, S. (2005). Argumentation in science lessons: Focusing on the teacher's role. *NorDina*, 1(1), 17-30.
- Mork, S., Jorde, D. (2004). We Know they Love Computers, but do they Learn Science? Using Information Technology for Teaching about a Socio-scientific Controversy. *Themes in Education*, 5(1), 69-100
- Mortensen, M. F. (2011). Analysis of the educational potential of a science museum learning environment: Visitors' experience with and understanding of an immersion exhibit. *International Journal of Science Education*, 33(4), 517-545.
- Moss, C. M. (2012). Research on Classroom Summative Assessment. In J. H. McMillan (Ed.), *SAGE Handbook of Research on Classroom Assessment* (pp. 235-256). Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Mosvold, R. & Fauskanger, J. (2013). Teachers' Beliefs about Mathematical Knowledge for Teaching Definitions. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 8 (2-3).
- Muhonen, Rasku-Puttonen, Pakarinen, Poikkeus, Lerkkanen (2016). Scaffolding through dialogic teaching in early school classrooms. *Teaching and Teacher Education* 55, 143–154
- Muhonen, Rasku-Puttonen, Pakarinen, Poikkeus, Lerkkanen (2017). Dialogic teaching; Scaffolding; Teacher-initiated; Child-initiated; Preschool; Primary school. *International Journal of Educational Research*, 81, 25–37
- Naidu, S., Barret, J., Olson, P. (2000). Improving instructional effectiveness with computermediated communication. In: Squires, D., Conole, G., Jacobs, G. (eds.) *The changing face of learning technology*, pp. 112–125. University of Wales Press, Cardiff
- Naizer, G. L. (2010). Science and engineering professors: Why did they choose science as a career? *School Science and Mathematics*, 93(6), 321-324.
- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Nepper Larsen, S. (2012). Innovation som total national forløsning. In M. Paulsen & S. Harnow Klausen (Eds.), *Innovation & læring. Filosofiske og kritiske perspektiver* (pp. 97-116). Aalborg: Aalborg Universitetsforlag.
- Newmann, F. M., et al. (1996). *Authentic achievement: Restructuring schools for intellectual quality*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Nielsen, B. L., Pontoppidan, B., Sillasen, M., Morgensen, A., Nielsen, K. (2013) QUEST – et storskalaprojekt til udvikling af naturfagsundervisning i MONA, 2013 -2, 49-66.
- Nielsen, B.L. (2009). Praksis i spil i læreruddannelsens naturfaglige linjefag. MONA, særnummer, Læreruddannelsens naturfagsundervisning i udvikling – erfaringer fra CAND-udviklingsprojekter, 14-31.
- Nielsen, B.L. (2012a). Science teachers meaning-making of teaching practice, collaboration and professional development. Ph.d.-afhandling, Aarhus Universitet.
- Nielsen, B.L. (2012b). Naturfagslæreres konstruktion af forståelse og fortolkning af erfaring i den første praksis. MONA 2012(2), 37-54.
- Nielsen, B.L. (2015). Pre-service teachers' meaning-making when collaboratively analysing video from school practice for the bachelor project at college. *European Journal of Teacher Education*, 38(3), 341-357.
- Nielsen, B.L. (2016). Professionel læring gennem undersøgelse af elevernes læring – eksempler fra QUEST/naturfag. I: T.R. Albrechtsen (red.), *Professionelle læringsfællesskaber og fagdidaktisk viden*. Frederikshavn: Dafolo, 191-204.
- Nielsen, J. A. (2011). Co-opting Science: A preliminary study of how students invoke science in value-laden discussions. *International Journal of Science Education*, 34(2), 275-299. doi:10.1080/09500693.2011.572305
- Nielsen, J. A. (2012a). Arguing from Nature: The role of 'nature' in students' argumentations on a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 34(5), 723-744. doi:10.1080/09500693.2011.624135
- Nielsen, J. A. (2012b). Gymnasieelevers sociovidenskabelige argumentation. MONA, 2012(3), 21-39.
- Nielsen, J. A. (2012c). Science in Discussions: An analysis of the use of science content in socio-scientific discussions. *Science Education*, 96(3), 428–456. doi:DOI 10.1002/sce.21001
- Nielsen, J. A. (2013a). Delusions About Evidence: On Why Scientific Evidence Should Not Be the Main Concern in Socioscientific Decision-Making. *Canadian Journal for Science, Mathematics, and Technology Education*, 13(4), 373-385. doi:10.1080/14926156.2013.845323

- Nielsen, J. A. (2013b). Dialectical Features of Students' Argumentation: A Critical Review of Argumentation Studies in Science Education. *Research in Science Education*, 43(1), 371-393. doi:10.1007/s11165-011-9266-x
- Nielsen, J. A. (2013c). Innovationsfremmende naturfagsundervisning – to udfordringer for vores felt. *MONA*, 2013(4), 56-66.
- Nielsen, J. A. (2015a). Assessment of Innovation Competency: A Thematic Analysis of Upper Secondary School Teachers' Talk. *The Journal of Educational Research*, 108(4), 318-330. doi:10.1080/00220671.2014.886178
- Nielsen, J. A. (2015b). *Evaluering af Gymnasiet tænkt forfra*. København: Institut for Naturfagenes Didaktik.
- Nielsen, J. A. (2015c). Rapport fra arbejdsgruppe for prøveformer der tester innovationskompetencer i gymnasiet. Retrieved from København:
- Nielsen, J. A., & Dolin, J. (2016). Evaluering mellem mestring og præstation. *MONA*, 2016(1), 51-62.
- Nielsen, J. A., & Holmegaard, H. T. (2014). On the Educational Goals of Innovation and Employability. In I. Eilks & B. Ralle (Eds.), *Science Education Research and Education for Sustainable Development* (pp. 169-180). Aachen: Shaker.
- Niemi, H., & Toom, A. (2012). Miracle of Education. *Miracle of Education*.
- Nieminen, P., Correia, C.F., Häikiöniemi, M., Serret, N., Viiri, J., Harrison, C. (2015). Formative Assessment in Inquiry-based Science Education using Interactions On-the-Fly
- Nieminen, P., Savinainen, A. & Viiri, J. (2013). Gender differences in learning of the concept of force, representational consistency, and scientific reasoning i *International Journal of Science and Mathematics Education*, October 2013, Volume 11, Issue 5,
- Nieminen, P., Savinainen, A., Nurkka, N., Viiri, J. (2012). An Intervention for Using Multiple Representations of Force in Upper Secondary School Courses. In A. Lindell, A.L. Kähkönen, J. Viiri (Eds.) *Physics Alive. Proceedings - GIREP-EPEC Conference 2011 August 1 – 5* (pp. 111 – 116), Jyväskylä, Finland.
- Nieminen, Savinainen, Viiri (2013). Gender Differences in Learning of the Concept of Force, Representational Consistency, and Scientific Reasoning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(5), 1137–1156
- Nilsen, T., Angell, C. (2014). The importance of discourse and attitude in learning astronomy. A mixed methods approach to illuminate the results of the TIMSS 2011 survey. *NorDina* 10(1), 16 - 31
- Nilsson, N. & van Driel, J. (2010). Teaching together and learning together – Primary science student teachers' and their mentors' joint teaching and learning in the primary classroom. *Teaching and Teacher Education*, 26 (6), 1309–1318.
- Nilsson, P & Vikström, A (2015). Making PCK Explicit—Capturing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK) in the Science Classroom. *International Journal of Science Education*, 37 (17), 2836 -2857.
- Nilsson, P. (2008a). Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education* 30, 1281-1299.
- Nilsson, P. (2008b). Learning to Teach and Teaching to Learn: Primary science student teachers' complex journey from learners to teachers. Doctoral Thesis: Linköping University.
- Nilsson, P. (2008c). Recognizing the needs - student teachers learning to teach from teaching. *Nordic Studies in Science Education* 4(1), 92-107.
- Nilsson, P. (2013). What do we know and where do we go? Formative assessment in developing student teachers' professional learning of teaching science. *Teachers and Teaching - theory and practice*, 19(2), 188 – 201.
- Nilsson, P. (2014). When Teaching Makes a Difference: Developing science teachers' pedagogical content knowledge through learning study. *International Journal of Science Education*, 36 (11), 1794-1814.
- Nilsson, P. & Loughran, J. (2012). Exploring the Development of Pre-Service Science Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education* 23(7), 699–721.
- Nilsson, P. & van Driel, J. (2011). How Will We Understand What We Teach? - Primary Student Teachers' Perceptions of their Development of Knowledge and Attitudes Towards Physics. *Research in Science Education*, 41 (4), 541–560.
- Niss, M., Andreasen, M., Foss Hansen, K., Matthiasen, J., Mogensen, A., Skånstrøm, M. & Holm, C. (2006). *Fremtidens matematik i folkeskolen*.

- Nordenbo, S., Allerup, P., Andersen, H. L., Korp, H., & Dolin, J. (2009). *Pædagogisk bruk af test – en systematisk review*. København: Danmarks pædagogiske universitetsforlag og Dansk Clearinghouse for Uddannelsesforskning.
- Nordenbo, S.E., Larsen, M. S., Tiftikci, N., Wendt, R.E. & Østergaard, S.(2008). *Læreres kompetencer og elevers læring i førskole og skole*. Dansk Clearinghouse for uddannelsesforskning.
- Norris, C., Sullivan, T., Poirot, J., Solloway, E. (2003). No access, no use, no impact: Snapshot surveys of educational technology in K-12 i *Journal of Research on Technology in Education* 36(1), 15–28
- Nosrati, M & Wæge, K. (2014) En oppsummering av status for forskning på hva som kjennetegner god læring og undervisning innenfor matematikk, Matematiksentret-Nasjonalt senter for matematikk i opplæringen, Trondheim.
- Näs, H., & Ottander, C. (2008). Student reasoning while investigating plant material. *Nordic Studies in Science Education*, 4(2), 177-191
- O'Neill, T. B. (2010). Fostering spaces of student ownership in middle school science. *Equity & Excellence in Education*, 43(1), 6-20.
- O'Neill, T. B., & Calabrese Barton, A. (2005). Uncovering student ownership in science learning: The making of a student created mini-documentary. *School Science and Mathematics*, 105(6), 292-301.
- OECD (2009). Creating Effective Teaching and Learning Environments. First Results from TALIS – Teaching and Learning International Survey, TALIS 2009, TALIS, OECD Paris. Sidst tilgået 2016.12.12 på <https://www.oecd.org/edu/school/43023606.pdf>
- OECD. (2010). The OECD Innovation Strategy: Getting a Head Start on Tomorrow. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2014). TALIS 2013 Results: An international Perspective on Teaching and Learning. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2016). Country Note. Key findings from PISA 2015 for the United States: OECD.
- Office of Educational Technology U.S. Department of Education. (2010). *Transforming American Education: Learning Powered by Technology*. Washington, DC: Office of Educational Technology U.S. Department of Education,.
- Olsen, R. V. (2005). An exploration of cluster structure in scientific literacy in PISA: Evidence for a Nordic dimension? *Nordic Studies in Science Education*, 1(1), 81-94.
- Olsen, R. V., & Lie, S. (2011). Profiles of students' interest in science issues around the world: Analysis of data from PISA 2006. *International Journal of Science Education*, 33(1), 97-120
- Orlander Arvola, A., & Lundegård, I. (2011). 'It's Her Body'. When Students' Argumentation Shows Displacement of Content in a Science Classroom. *Research in Science Education*, (Advance online publication), 1-25. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1007/s11165-011-9237-2> doi:10.1007/s11165-011-9237-2
- Orlander, A. A. (2011). Med kroppen som insats: Diskursiva spänningsfält i biologiundervisningen på högstadiet. Stockholm, Sweden: Institutionen för matematikämnets och naturvetenskapsämnenas didaktik, Stockholms universitet
- Orlander, A. A., Wickman, P.O. (2011). Bodily experiences in secondary school biology. *Cultural Studies of Science Education*, 6(3), 569–594
- Orpwood, G. (2007). Assessing scientific literacy: threats and opportunities. In C. Linder, L. Östman, & P.-O. Wickman (Eds.), *Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction. Proceedings of the Linnaeus Tercentenary Symposium held at Uppsala University, Uppsala, Sweden, May 28-29, 2007* (pp. 120-130). Uppsala: Uppsala University,.
- Osborne, J. (2005). The Role of Argument in Science Education. In K. Boersma, M. Goedhart, O. Jong, & H. Eijkelhof (Eds.), *Research and the Quality of Science Education* (pp. 367-380). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Osborne, J. (2007a). Engaging young people with science: thoughts about future direction of science education. In C. Linder, L. Östman, & P.-O. Wickman (Eds.), *Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction. Proceedings of the Linnaeus Tercentenary Symposium held at Uppsala University, Uppsala, Sweden, May 28-29, 2007* (pp. 105-112). Uppsala: Uppsala University,.
- Osborne, J. (2007b). Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(1), 156-165.
- Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *Science*, 328, 463-466.

- Osborne, J. (2015). Practical work in science: misunderstood and badly used?. *School science review*, 96(357), 16-24
- Ottander, K. (2015) Gymnasieelevers diskussioner utifrån hållbar utveckling: meningsskapande, naturkunskapande, demokratiskapande. *Studies in Science and Technology Education*; 92. Umeå: Umeå universitet
- Parsons, D. (2016). *Computational thinking, digital fluence and the New Zealand Curriculum, Slide presentation*, <http://pt.slideshare.net/themindlab/computational-thinking-digital-fluency-and-the-new-zealand-curriculum-69269305>
- Partanen, A. (2015). Sociomathematical Norms Negotiated in the Discussions of two small Groups Investigating calculus. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(4), 927–946
- Pavinee, S. (2013). A comparative study of science education at the primary school level in Finland and Thailand. Doctoral dissertation, University of Helsinki.
- Penner, D. E., Lehrer, R., & Schauble, L. (1998). From physical models to biomechanics: A design-based modeling approach. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3/4), 429-449.
- Persson, Christel (2008). Sfärernas symfoni i förändring? Lärande i miljö för hållbar utveckling med naturvetenskaplig utgångspunkt. En longitudinell studie i grundskolans tidigare årskurser. *Studies in Science and Technology Education*; 14. Linköping, Sweden: Institutionen för samhälls- och välfärdsstudier, Linköping University, Faculty of Educational Sciences
- Persson, P.-E. (2010). *Räkna med bokstäver! En longitudinell studie av vägar till en förbättrad algebraundervisning på gymnasienivå*: Institutionen för matematik, Luleå tekniska universitet.
- Petersen, J.H. (2011). Hvordan bliver fagdidaktiske værktøjer fra læreruddannelsen til en del af lærernes undervisningsfaglighed? *MONA*, 2011(2), 36-54.
- Petersen, J.P. (2014). *Talent – why do we do it?* Speciale. København: Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet
- Petersen, M. R. (2012). Interesseudvikling i naturfagene gennem faglig progression. Odense, Danmark: Syddansk Universitet.
- Petersen, M. R. (2012a). Interesseudvikling i naturfagene gennem faglig progression. Syddansk Universitet.
- Petersen, M. R. (2012b). *Interesseudvikling i naturfagene gennem faglig progression*. (Ph.D afhandling), NAMADI, Syddansk Universitet, Odense.
- Petersen, M. R., Kragelund, A. V., Elkjær, K., & Poulsen, M. (2014). Faglig læring i uformelle læringsmiljøer-et praksiseksempel på spil som læringskontekst. *MONA*, 3, 25 - 41
- Petersen, M. R., Kragelund, A. V., Elkjær, K., & Poulsen, M. (2014). Faglig læring i uformelle læringsmiljøer-et praksiseksempel på spil som læringskontekst. *MONA-Matematik-og Naturfagsdidaktik*(3).
- Pless, M. (2001). Unge om ingeniørfaget: om at knække ligningen eller finde sig selv? København, Danmark: Ingeniørforeningen i Danmark og center for Ungdomsforskning.
- Pless, M. & Katznelson, N. (2007). Unges veje mod Ungdomsuddannelserne. Tredje rapport om unges uddannelsesvalg og overgang fra grundskole til ungdomsuddannelse og arbejde. København, Danmark: Center for Ungdomsforskning
- Pless, M., & Katznelson, N. (2005). *Niende klasse og hvad så?* : Center for Ungdomsforskning.
- Pless, M., & Katznelson, N. (2005). *Niende klasse og hvad så?*. København, Danmark: Center for Ungdomsforskning.
- Pontoppidan, B. (2010). An alternative approach for courses in teacher education framed by a collaborative partnership setting. *IND – KU skriftserie*, 2010 (18), 93-104.
- Poulsen, E. L. (2015). Science and Me: Who Should I be? STEM Interested Students' Trajectories and Reflections Regarding Choice of Tertiary Education. (Ph.d.), Aarhus University, Aarhus.
- Quennerstedt, M. (2008). Studying the Institutional Dimension of Meaning Making: A Way to Analyze Subject Content in Physical Education. *Journal of Teaching in Physical Education*, 27, 434 - 444
- Quennerstedt, M. (2006). Att lära sig hälsa. Örebro, Sverige: Örebro universitetsbibliotek
- Quennerstedt, M. (2013). Practical epistemologies in physical education practice. *Sport, Education and Society*, 18(3), 311 - 333
- Quennerstedt, M., Öhman, J., Öhman, M. (2011). Investigating learning in physical education—a transactional approach. *Sport, Education and Society*, 16(2), 159 - 177
- Ramberg, I., & Kallerud, E. (2000). Ungdoms forhold til naturfag/-vitenskap og teknologi. En gjennomgang av studier av holdinger og interesser som påvirker ungdoms fagvalg.

- Ramberg, I., & Kallerud, E. (2000). Ungdoms forhold til naturfag/-vitenskap og teknologi. En gjennomgang av studier av holdinger og interesser som påvirker ungdoms fagvalg [Youth's relation to science and technology. A review of studies of attitudes and interests that influence youth's subject choices].
- Rambøll, & Dansk Clearinghouse for Uddannelsesforskning. (2014). *Forskningskortlægning: Varieret læring, bevægelse, udeskole og lektiehjælp*. Retrieved from <http://www.uvm.dk/-/media/UVM/Filer/Udd/Folke/PDF14/Aug/140825-Kortlaegning.ashx>
- Rambøll. (2006). Holddannelse og studieretningsvalg efter gymnasireformen – en evaluering af de gymnasiale uddannelsers håndtering af studieretningsoprettelse og eleverne valg af studieretning. Danmark: Undervisningsministeriet.
- Randel, B., & Clark, T. (2012). Measuring classroom assessment practices. In J. H. McMillan (Ed.), *SAGE Handbook of Research on Classroom Assessment* (pp. 145-164). Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Rasinen, Aki (2003): An Analysis of the Technology Education Curriculum of Six Countries, *Journal of Technology Education*, (15:1), 31-47.
- Rasmussen, C. B. G., & Petersen, M. R. (2013). *Differentielligninger og reaktionshastigheder: et tværfagligt undervisningsforløb mellem matematik og kemi*: Center for Naturvidenskabernes og Matematikkens Didaktik, Syddansk Universitet.
- Rasmussen, J., Bayer, M., Brodersen, M. (2010). *Komparativt studie om indholdet i læreruddannelser i Canada, Danmark, Finland og Singapore*. Rapport til regeringens rejsehold. Danmarks Pædagogiske Universitet.
- Ratinen, I., Viiri, J., & Lehesvuori, S. (2013). Primary School Student Teachers' Understanding of Climate Change: Comparing the Results Given by Concept Maps and Communication Analysis. *Research in Science Education*, 43 (5), 1801-1823
- Ratinen, I., Viiri, J., Lehesvuori, S., & Kokkonen, T. (2015). Primary Student-Teachers' Practical Knowledge of Inquiry-Based Science Teaching and Classroom Communication of Climate Change. *International Journal of Environmental and Science Education*, 10 (5), 649-670.
- Regeringen. (2012). Danmark – Løsningernes land. Styrket samarbejde og bedre rammer for innovation i virksomhederne. Retrieved from København:
- Regeringen. (2016). Fra elev til studerende. Klædt på til videre uddannelse. Retrieved from København:
- Rennie, L. J. (2014). Learning Science Outside of School. In N. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 120-144). New York: Routledge.
- Renninger, K. A., & Hidi, S. (2016). *The Power of Interest for Motivation and Engagement*. New York, NY: Routledge.
- Renninger, K. A., & Hidi, S. (2016). *The Power of Interest for Motivation and Engagement*: Routledge.
- Richmond, G. & Manokore, V. (2011). Identifying Elements Critical for Functional and Sustainable Professional Learning Communities. *Science Education*, 95(3), 543-570.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In N. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. I, pp. 120-144). New York: Routledge.
- Robinson, V. (2015). Elevcentreret skoleledelse. Ledelse for læring, Dafolo.
- Rocard, M. (Chair), Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: European Commission Directorate-General for Research, Science, Economy and Society.
- Ross, J. A., & Hogaboam-Gray, A. (1998). Integrating mathematics, science, and technology: effects on students. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1119-1135.
- Rosvall, P.-Å., Hjelmér, C., & Lappalainen, S. (2016). Staying in the comfort zones: Low expectations in vocational education and training mathematics teaching in Sweden and Finland. *European Educational Research Journal*, E-pub ahead of print.
- Roth, W.-M., & Lee, Y.-J. (2007). "Vygotsky's neglected legacy": Cultural-historical activity theory. *Review of Educational Research*, 77(2), 186-232.
- Royal Society. (2012). *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*. Lokaliseret den 2016.12.21 på <https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>.
- Rudsberg K., Öhman, J. (2014). The role of knowledge in participatory and pluralistic approaches to ESE. *Environmental Education Research*, 21(7), 955 - 974

- Rudsberg, K. (2014). Elevers lärande i argumentativa diskussioner om hållbar utveckling. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Educational Sciences, 4. Uppsala, Sweden: Acta Universitatis Upsaliensis
- Rudsberg, K., Östman, L., Östman, E. (2016), Students' meaning making in classroom discussions: the importance of peer interaction. *Cultural Studies of Science Education*. Doi: 10.1007/s11422-015-9721-5
- Rudsberg, Öhman (2010). Pluralism in practice – experiences from Swedish evaluation, school development and research. *Democracy and Values in Environmental and Sustainability Education: Research Contributions from Denmark and Sweden: Environmental Education Research*, 16(1), 95 - 111
- Ruiz-Primo, M., & Li, M. (2012). Examining formative feedback in the classroom context: New research perspectives. In J. H. McMillan (Ed.), *SAGE Handbook of research on classroom assessment* (pp. 215-232). Thousand Oaks: SAGE publications.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68.
- Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2001). *Defining and selecting key competencies*. Ashland, OH, US: Hogrefe & Huber Publishers.
- Ryder, J., Ulriksen, L., & Bøe, M. V. (2015). Understanding student participation and choice in science and technology education. The contribution of IRIS Understanding Student Participation and Choice in Science and Technology Education (pp. 351-366): Springer.
- Ryve, A. (2007). What is actually discussed in problem-solving courses for prospective teachers? *Journal of Mathematics Teacher Education*, 10(1), 43–61.
- Røkenes, F.M., Krumsvik, R.J. (2016). Prepared to teach ESL with ICT? A study of digital competence in Norwegian teacher education. *Computers & Education*, 97, 1–20.
- Rønnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161-197.
- Sadler, D. R. (2013). Making competent judgements of competence. In S. Blömeke, O. Zlatkin-Troitschanskaia, C. Kuhn, & J. Fege (Eds.), *Modeling and Measuring Competencies in Higher Education – Tasks and Challenges* (pp. 13-28). Rotterdam: Sense Publishers.
- Sadler, P. M., Sonnert, G., Hazari, Z., & Tai, R. (2012). Stability and volatility of STEM career interest in high school: A gender study. *Science Education*, 96(3), 411-427. doi:10.1002/sce.21007
- Savinainen A., Scot P. (2002), The Force Concept Inventory: a tool for monitoring student learning, *Phys. Educ.* 37, 45 - 52
- Savinainen, A. Mäkyinen, A., Nieminen, P., Viiri, J. (2015). The Effect of Using a Visual Representation Tool in a Teaching-Learning Sequence for Teaching Newton's Third Law. *Research in Science Education*, 1–17. DOI 10.1007/s11165-015-9492-8
- Schmidt, L.-H. (1999). Dannelse på ny - om det socialanalytiske perspektiv på velfærdssamfundets dannelsesnormer. *Dansk Pædagogisk Tidsskrift* 1, 32-45.
- Schnack, K. (2000). Faglighed, undervisning og almen dannelse. I: H.J. Kristensen & K. Schnack, *Faglighed og undervisning*, 11-31. København: Gyldendal uddannelse.
- Schneider, M. C., & Andrade, H. (2013). Teachers' and Administrators' Use of Evidence of Student Learning to Take Action: Conclusions Drawn from a Special Issue on Formative Assessment. *Applied Measurement in Education*, 26(3), 159-162. doi:10.1080/08957347.2013.793189
- Schreiner, C. (2006). Exploring a ROSE garden: Norwegian youth's orientations towards science: seen as signs of late modern identities. Oslo, Norway: Department of Teacher Education and School Development, Faculty of Education, University of Oslo
- Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2012). Et meningsfullt naturfag for dagens ungdom? *Nordic Studies in Science Education*, 1(2), 18-35
- Serder, M. (2015). Möten med PISA: kunskapsmätning som samspel mellan elever och provuppgifter i och om naturvetenskap. (Ph.D. afhandling), Malmö högskola, Malmö.
- Serder, M. (2015). Möten med PISA : kunskapsmätning som samspel mellan elever och provuppgifter i och om naturvetenskap. Malmö, Sweden: *Studies in Educational Sciences*;75. Malmö högskola
- Serder, M., & Ideland, M. (2016). PISA truth effects: the construction of low performance. *Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education*, 37(3), 341-357.
- Serder, M., & Jakobsson, A. (2015a). Language Games and Meaning as Used in Student Encounters With Scientific Literacy Test Items. *Science Education*, 100(2), 321-343.

- Serder, M., & Jakobsson, A. (2015b). "Why bother so incredibly much?": student perspectives on PISA science assignments. *Cultural Studies of Science Education*, 10(3), 833-853.
- Serder, M., Sørensen, H., & Jakobsson, A. (2011). Opportunities and difficulties for students' engagement in PISA Science items. Linköping, Sweden: Linköping Universitet
- Sherman, T. M., Sanders, M., & Kwon, H. (2010). Teaching in middle school Technology Education: a review of recent practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(4), 367-379. doi:10.1007/s10798-009-9090-z
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Sikke, S.A., Lyngved, R., Pepin, B. (2011). Working with Mathematics and Science Teachers on IBL Approaches: Teacher Concerns. *Acta Didactica Norge*, Vol. 6 Nr. 1 Art. 17.
- Silk, E. M., Schunn, C. D., & Cary, M. S. (2009). The impact of an engineering design curriculum on science reasoning in an urban setting. *Journal of Science Education and Technology*, 18(3), 209-223.
- Sillasen, M., Daugbjerg, P., Schmidt, J. Valero, P. (2011). Kvaliteter ved reformer af naturfagsundervisning i Danmark - læreres ressourcer og roller i reformprocesser, *MONA*, 2011-1.
- Sillasen, M.K. (2014). Forandringsprocesser i netværk af sociale naturfaglige praksisser. En socio-kulturel-politisk analyse af natur/teknik-læreres professionelle udvikling i uddannelsesreformer. Ph.D. Institut for Læring og Filosofi, Aalborg Universitet
- Simensen, A. M., & Anundsen, I. W. (2013). Matematikk i naturfag – et kompetansehevingsprosjekt for barnehagen. *MONA*, 2013(2), 7-23.
- Simola, H. (2005). The Finnish miracle of PISA: Historical and sociological remarks on teaching and teacher education. *Comparative education*, 41(4), 455-470.
- Simonneaux, L. (2014). Questions Socialement Vives and Socio-scientific Issues: New Trends of Research to Meet the Training Needs of Postmodern Society. In C. Bruguière, A. Tiberghien, & P. Clément (Eds.), *Topics and Trends in Current Science Education: 9th ESERA Conference Selected Contributions* (pp. 37-54). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Simonsen, B., & Katznelson, N. (2000). Unges arbejdsbegreb. *Tidsskrift for arbejdsliv*, 2(4), 9 - 27
- Sinding, A. B. (2007). Når kulturen ekskluderer - piger i fysikfaget i *MONA*, 2007(1), 18-31
- Sinnes, A. (2006). Three Approaches to Gender Equity in Science Education. *NorDiNa*, 2(3), 72-83.
- Sjøberg, S. (2012). Naturfag som almindelse – en kritisk fagdidaktik. Aarhus, Danmark: Forlaget Klim.
- Sjøberg, S., & Busch, H. (2005). Ungdomskulturen: Elevernes erfaringer, holdninger og interesser. In S. Sjøberg (red.), *Naturfag som almindelse*. Aarhus: Klim.
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2006). Elevenes forhold til naturfag og teknologi: Et nordisk og internationalt perspektiv basert på ROSE-prosjektet. I: L. Bering, J. Dolin, L. B. Krogh, J. Sølberg, H. Sørensen & R. Troelsen (Eds.), *Naturfagsdidaktikkens mange facetter*. København: Danmarks Pædagogiske Universitets forlag
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). The ROSE project: An overview and key findings. Oslo, Norway: University of Oslo.
- Sjöström, J. (2013). Towards Bildung-Oriented Chemistry Education. *Science and Education* 22(7), 1873-1890.
- Skott, J. (2001). The Emerging Practices of a Novice Teacher: The Roles of His School Mathematics Images. *Journal of Mathematics Teacher Education* 4, 3-28.
- Skott, J. (2004). The Forced Autonomy of Mathematics Teachers. *Educational Studies in Mathematics*. 55-1, 227-257.
- Skott, J. (2009). Contextualising the notion of 'belief enactment'. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 12(1), 27-46.
- Skovsmose, O. (1998). Linking mathematics education and democracy: Citizenship, mathematical archaeology, mathemacy and deliberative interaction. *ZDM*, 30(6), 195-203.
- Skovsmose, O. (2001). Landscapes of investigation. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 33(4), 123-132.
- Sollervall, H. (2014). Learning subtraction strategies from principle-based teaching activities. *Proceedings of MADIF*, 9, Svensk förening för MatematikDidaktisk Forskning - SMDF, 2014.
- Stables, K. (1997). Critical Issues to Consider When Introducing Technology Education into the Curriculum of Young Learners. *Journal of Technology Education*, 8(2), 50-66.
- Stadler, H., Duit, R., & Benke, G. (2000). Do boys and girls understand physics differently? *Physics Education*, 35, 417-42
- Stadler, M. (2016). External evaluation summary - QUEST project. Sidst tilgået 2016.12.15 på http://q-model.dk/fileadmin/site_files/projects/quest/Files/Materialer/QUESTevaluation_summary.pdf.

- Stake, J. E., & Mares, K. R. (2005). Evaluating the impact of science-enrichment programs on adolescents' science motivation and confidence: The splashdown effect. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 359-375.
- Stevenson, C., & Carr, J. (1993). *Integrated studies: Dancing through walls*. New York: Teachers College Press.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1-34. doi:10.1080/03057267.2013.802463
- Sund, P. (2015). Experienced ESD-schoolteachers' teaching – an issue of complexity. *Environmental Education Research*, 21-1, 24 – 44.
- Sundberg, B., & Ottander, C. (2013). The conflict within the role: A longitudinal study of preschool student teachers' developing competence in and attitudes towards science teaching in relation to developing a professional role. *Journal of Early Childhood Teacher Education*, 34(1), 80-94
- Sundqvist, P. (2016). Teknik i förskolan är inte något nytt, men idag är vi mera medvetna om vad vi kallar teknik. Personalens beskrivningar av teknik som innehållsområde i förskolan. Mälardalen University Press Licentiate Theses No. 233. Mälardalen Studies in Educational Sciences No. 24
- Säljö, R., & Bergqvist, K. (1997). Seeing the light: Discourse and practice in the optics lab Discourse, Tools and Reasoning (pp. 385-405): Springer
- Søgaard, M. (udateret). Naturfagsnetværket i Faaborg-Midtfyn Kommune. I C. Michelsen (Ed.) *Fremtidens naturfaglige lærere II - Fem refleksioner over praksis*. Syddansk Universitet, 39-52.
- Sølberg, J. (2006). Den lokale naturfaglige kultur - et fokus for udvikling, *MONA*, 2006-1, 7-22.
- Sølberg, J. & Jensen, A. (2012). Hvad kan vi lære af sciencekommuneprojektet? I *Mona* 2012 -1.
- Sølberg, J., Bundsgaard, J., & Højgaard, T. (2015). Kompetencemål i praksis. *MONA*, 2015(2), 46-59.
- Sølberg, J., Johannsen, B.F., Lykke, F., Trolle, O., von der Fehr, A., og Jensen, N.J. (2013). *Masterclass i Fysik, Samlet rapport*. København: Institut for Naturfagenes Didaktik. [http://www.ind.ku.dk/ansatte-automatisk-liste/?pure=da%2Fpublications%2Fmasterclass-i-fysik-samlet-rapport\(c17a05aa-8b57-4133-a826-4b3b4b9ff921\).html](http://www.ind.ku.dk/ansatte-automatisk-liste/?pure=da%2Fpublications%2Fmasterclass-i-fysik-samlet-rapport(c17a05aa-8b57-4133-a826-4b3b4b9ff921).html)
- Sølberg, J., Waadegaard, N., Hansen, F. L., Trolle, O., Elmeskov, D. C., Johannsen, B. F., & Nielsen, J. A. (2015). *Innovation, Science og Inklusion 2015: Slutrapport af ISI 2015*. København: Institut for Naturfagenes Didaktik.
- Sørensen, H. (2007). Masser af rapporter og strategiplaner - men hvordan ændres praksis i fysiklokalet? Kommentar i *MONA*(2).
- Sørvik, O. G. (2015). Multiple school science literacies. Exploring the role of text during integrated inquiry-based science and literacy instruction. Oslo, Norway: Department of Teacher Education and School Research, Faculty of Educational Sciences, University of Oslo
- Tamer, G. A., Smith, C. & Wiser, M.(2014). Student Conceptions and Conceptual Change: Three Overlapping Phases of Research. In N. G. Lederman, S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*. Volume II (pp. 57 – 81). New York, NY: Routledge
- Tanggaard, L. & Andersen, M.F. (2016). Tæller vi det der tæller – Målstyring og standardisering i arbejdslivet. *Klim*
- Thelin, M. (2012). Länknigen mellan kursmål och kunskapskrav i geografiämnet i Gy 2011. *Geografiska Notiser*, 70(3), 110-123
- Thulin, S. (2001). Hur tänker förskolebarn om en process i naturen *C-uppsats i pedagogik*. Kristianstad: Högskolan Kristianstad.
- Thulin, S. (2011). *Teacher Talk and Children's Queries: Communication about Natural Science in Early Childhood Education*. Vaxjo University Press.
- Thulin, S., (2010). Barns frågor under en naturvetenskaplig aktivitet i förskolan. *Nordisk barnehageforskning*, 3(1), 27 - 40
- Tidemand, S., & Nielsen, J. A. (2016). The role of socioscientific issues in biology teaching – from the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*. E-pub ahead of print. doi:10.1080/09500693.2016.1264644
- Timperley, H. (2011). *Realizing the Power of Professional Learning*, Open University Press, McGraw Hill.
- Torrance, H. (2007). Assessment as learning? How the use of explicit learning objectives, assessment criteria and feedback in post-secondary education and training can come to dominate learning. 1. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 14(3), 281-294. doi:10.1080/09695940701591867

- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. San Francisco, CA: Wiley & Sons Inc.
- Troelsen, R. (2005). Unges interesse for naturfag – hvad ved vi, og hvad kan vi bruge det til? I *MONA*, 2005(2),
- Troelsen, R. P. (2012). Interesse og interesse for naturfag. *Nordic Studies in Science Education*, 2(3), 3-16.
- Turmo, A. (2005). Gender differences in students' achievement, attitudes, and self-concept in science: New evidence from the TIMSS 2003 study in Norway. Paper presented at the European Science Education Research Association Conference: Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science.
- Tække, J. & Paulsen, M. (2016). Undervisningsfællesskaber og læringsnetværk i den digitale tidsalder. Kbh: UP
- Uitto, A. (2014). Interest, Attitudes and Self-efficacy Beliefs Explaining Upper-secondary School Students' Orientations towards Biology-related Careers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(6), 1425-1444
- Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J., Byman, R., & Meisalo, V. (2011). Secondary school students' interests, attitudes and values concerning school science related to environmental issues in Finland. *Environmental education research*, 17(2), 167-186.
- Ulriksen, L. & Holmegaard, H. (2007). Rigtige piger går ikke på htx, men piger er glade for at gå der, *MONA*, 2007(2)
- Undervisningsministeriet (2010). Den danske kvalifikationsramme for livslang læring – et redskab til at få overblik over uddannelser i Danmark. København: Undervisningsministeriet.
- Undervisningsministeriet. (2013). BEK nr 776 af 26/06/2013. Bekendtgørelse om uddannelsen til studentereksamen. København: Undervisningsministeriet.
- Undervisningsministeriet. (2015). BEK nr 663 af 18/05/2015. Bekendtgørelse om formål, kompetencemål og færdigheds- og vidensmål for folkeskolens fag og emner (Fælles Mål). . København: Undervisningsministeriet.
- US Department of Education:
<http://findit.ed.gov/search?utf8=%E2%9C%93&affiliate=ed.gov&query=personalized+learning>
- Valero, P., Daugbjerg, P., & Svejgaard, K. L. (2014). Praksisnærhed i erhvervsskolens naturfagsundervisning gennem betydende overgange. *Nordic Journal of Vocational Education and Training*, 4(1-15).
- Valtonen, T., Hacklin, S., Kontkanen, S., Hartikainen-Ahia, A., Kärkkäinen, S., & Kukkonen, J. (2010). Pre-service teachers' experiences of using social software applications for collaborative inquiry. *Computers & Education*, 69, 85-95
- Van Diepen, N., Perrenet, J., and Zwaneveld, B. (2011): Which Way with Informatics in High Schools in the Netherlands? The Dutch Dilemma, *Informatics in Education*, 10(1), 123-148.
- Van Driel J.H., Meirink J. A., van Veen, K. & Zwart R. C. (2012) Current trends and missing links in studies on teacher professional development in science education: a review of design features and quality of research, *Studies in Science Education*, 48:2, 129-160, DOI: 10.1080/03057267.2012.738020.
- Van Driel, J.H. & Berry, A. (2012). Teacher professional development focusing on pedagogical content knowledge. *Educational Researcher*, 41(1), s. 26-28.
- Venville, G., Rennie, L., Hanbury, C., & Longnecker, N. (2013). Scientists Reflect on Why They Chose to Study Science. *Research in Science Education*, 43(6), 2207-2233. doi:10.1007/s11165-013-9352-3
- Verbiest, E. (2011). Developing professional learning communities, Paper presented at the AERA conference, 2011, April 7th – 12th, New Orleans.
- Verbiest, E. & Erculj, J. (2006). Building capacity in schools – dealing with diversity between schools. In: Pol, M. (ed.): *Dealing with diversity. A Key issue for educational management*. Proceedings of the 14th Enirdem conference, 2005, September, 22-25, Brno & Telc, 65 -80.
- Vescio, V., Ross, D. & Adams, A. (2008). A review of the impact of professional learning communities on teaching practice and student learning. *Teaching and Teacher Education* 24, 80-91.
- Vesterinen, V. & Aksela, M. (2013). Design of Chemistry Teacher Education Course on Nature of Science. *Science & Education*, 22(9), 2193–2225.
- Viiri, J., & Saari, H. (2006). Teacher talk patterns in science lessons. Use in teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 17, 347–365.
- Virtanen, T. E., Lerkkanen, M.-K., Poikkeus, A.-M., & Kuorelahti, M. (2015). The relationship between classroom quality and students' engagement in secondary school. *Educational Psychology*, 35(8), 963-983

- Vitale, M. R., & Romance, N. R. (2011). Adaptation of a knowledge-based instructional intervention to accelerate student learning in science and early literacy in grades 1 and 2. *Journal of Curriculum and Instruction*, 5(2), 79-93.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11(4), 381-419.
- Vries, M. J. D., Gumaelius, L., & Skogh, I.-B. (2016). Pre-University Engineering Education. In M. J. d. Vries, L. Gumaelius, & I.-B. Skogh (Eds.), *Pre-university Engineering Education* (pp. 1-12). Rotterdam: SensePublishers.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and language*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Väljörvi, J., Kupari, P., Linnakylä, P., Reinikainen, P., Sulkunen, S., Törnroos, J., & Arffman, I. (2007). *The Finnish success in Pisa-and some reasons behind it: Pisa 2003. 2*: Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos.
- Walan, S. & Rundgren, S.C. (2014). Investigating Preschool and Primary School Teachers' Self-Efficacy and Needs in Teaching Science: A Pilot Study. *CEPS Journal*, 4(1), 51-67.
- Weber, K., & Custer, R. (2005). Gender-Based Preferences toward Technology Education Content, Activities, and Instructional Methods. *Journal of Technology Education*, 16(2), 55-71.
- Wedge, T. (1999): To know or not to know – mathematics, that is a question of context. *Educational Studies in Mathematics* 39, 205-227
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2015). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology* · October 2015 DOI: 10.1007/s10956-015-9581-5.
- Weng, P. (1996). Matematik og naturvidenskab i folkeskolen: Danmarks Pædagogiske Universitetsforlag.
- Weng, P. (1996). *Matematik og naturvidenskab i folkeskolen*: Danmarks Pædagogiske Universitetsforlag.
- West, E. (2011). Learning for Everyday Life: Pupils' conceptions of hearing and knowledge about tinnitus from a teaching-learning sequence. *International Journal of Science Education*, 33(9),
- West, Eva (2011). Undervisning och lärande i naturvetenskap - Elevers lärande i relation till en forskningsbaserad undervisning om ljud, hörsel och hälsa. Göteborg, Sweden: Göteborgs Universitet. Utbildningsvetenskapliga fakulteten.
- West, Eva, Wallin, Anita (2013). Students' Learning of a Generalized Theory of Sound Transmission from a Teaching-Learning Sequence about Sound, Hearing and Health. *International Journal of Science Education*. Volume 35, 2013 - Issue 6, 1245 - 1271
- White House. (2011). A Strategy for American Innovation, Securing our Economic Growth and Prosperity. Retrieved from Washington, DC:
- Wickman, P. O. and Östman, L. (2002), Learning as discourse change: A sociocultural mechanism. *Science Education*, 86(5), 601 - 623
- Wickman, P.-O., & Östman, L. (2001). University students during practical work: Can we make the learning process intelligible? In H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross, & P. Reiska (Eds.), *Research in science education—Past, present, and future* (pp. 319–324). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Wickman, P.-O. (2004). The practical epistemologies of the classroom: A study of laboratory work. *Science Education*, 88(3), 325–344
- Wickman, P.-O., & Östman, L. (2001). University students during practical work: Can we make the learning process intelligible? In *Research in science education—Past, present, and future* (pp. 319-324): Springer.
- Wickman, P.-O., & Östman, L. (2002). Induction as an empirical problem: How students generalise during practical work. *International Journal of Science Education*, 24, 465–486.
- Wickman, P.O. (2014). Teaching Learning Progressions: An International Perspective. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*. Volume II (pp. 145 – 163). New York, NY: Routledge
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary educational psychology*, 25(1), 68-81.
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary educational psychology*, 25(1), 68-81.
- Wilson, C., Sudol, L.A., Stephenson, C. & Stehlik, M. (2010). *Running On Empty: The Failure to Teach K–12 Computer Science in the Digital Age*. The Association for Computing Machinery, The Computer

- Science Teachers Association. Lokaliseret 2016.12.21 på <http://runningonempty.acm.org/fullreport2.pdf>.
- Wilson, G., & Herndl, C. (2007). Boundary objects as rhetorical exigence: Knowledge mapping and interdisciplinary cooperation at the Los Alamos National Laboratory. *Journal of Business and Technical Communication*, 21(2), 129.
- Wilson, M. (2009). Measuring progressions: Assessment structures underlying a learning progression. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 716-730.
- Winsløw, C. (2012). A Comparative Perspective on Teacher Collaboration: The Cases of Lesson Study in Japan and of Multidisciplinary Teaching in Denmark. In G. Gueudet, B. Pepin, & L. Trouche (Eds.), *From Text to 'Lived' Resources: Mathematics Curriculum Materials and Teacher Development* (pp. 291-304). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Winsløw, C., Bergsten, C., Butlen, D., David, M., Gomez, P., Goos, M., Grevholm, B., Li, S., Moreira, P., Robinson, N., Sayac, N., Schwill, J., Tatto, T White, A. & Wood T. (2009). First Years of Teaching. In R. Even, D.L. Ball (eds.), *The Professional Education and Development of Teachers of Mathematics*, . New York: Springer.
- Wistoft, K., & Stovgaard, M. (2012). Lyst til at lære-Evaluering af konceptet "Haver til Maver". *MONA*, 1, 7 - 22
- Wistoft, K., & Stovgaard, M. (2012). Lyst til at lære-Evaluering af konceptet "Haver til Maver". *MONA-Matematik-og Naturfagsdidaktik*(1).
- Zeidler, D., L. (2014). Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis *Handbook of research on science education*: Routledge.
- Zeuner, L., & Linde, P. C. (1997). Livsstrategier og uddannelsesvalg: en kultursociologisk undersøgelse blandt elever i matematisk gymnasium og htx. Danmark: Socialforskningsinstituttet.
- Ziehe, T. and H. Stubenrauch (1983). Ny ungdom og usædvanlige læreprocesser. København, Danmark: Politisk Revy
- Zubrowski, B. (2002). Integrating Science into Design Technology Projects: Using a Standard Model in the Design Process. *Journal of Technology Education*, 13(2), 47-65.
- Öhman, J. (2006). Den etiska tendensen i utbildning för hållbar utveckling: meningsskapande i ett genomlevandeperspektiv. Örebro, Sweden: Örebro universitetsbibliotek
- Öhman, J. Öhman, M. (2013). Participatory approach in practice: an analysis of student discussions about climate change. *Environmental Education Research*, 19(3), 324 - 341
- Ørngreen, R. (2015). Reflections on Design-Based Research: In Online Educational and Competence Development Projects. In J. Abdelnour Nocera, B. R. Barricelli, A. Lopes, P. Campos, & T. Clemmensen (Eds.), *Human Work Interaction Design. Work Analysis and Interaction Design Methods for Pervasive and Smart Workplaces: 4th IFIP 13.6 Working Conference, HWID 2015, London, UK, June 25-26, 2015, Revised Selected Papers* (Vol. 468, pp. 20-38). Springer. (pp. 20-38): Springer.
- Østergaard, L. D. (2008). Naturfag for de yngste i MONA (2008-2)
- Østergaard, L. D., Sillasen, M., Hagelskjær, J., & Bavnhøj, H. (2010). Inquiry-based science education – har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det?. *MONA*, 4, 25 - 43
- Östman, L., Öhman, M., Lundqvist, E., & Lidar, M. (2015). Teaching, Learning and Governance in Science Education and Physical Education: A Comparative Approach. *Interchange*, 46(4), 369–386
- Åkerblom, A. (2015). Exploring the pedagogic relation - Supporting six-year-olds in making sense of physical motion. *Nordic Early Childhood Education Research*, 11